設施園藝研習會專集

中華民國七十八年三月十五日至十七日於國立嘉義農業專科學校舉行

沈再發・許淼淼 主編

TARI LIB.
C003401

台灣省政府教育廳
台灣省農業試驗所 合辦
行政院農業委員會 補助
台灣省農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所 編印
中華民國七十八年十月

設施園藝研習會
專　　集

中華民國七十八年三月十五日至十七日於國立嘉義農業專科學校舉行

沈　再　發
許　淼　淼　主編

台灣省政府教育廳
台灣省農業試驗所　合辦

行政院農業委員會　補助

台灣省農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所　編印

中華民國七十八年十月

003401

PROCEEDINGS OF
A WORKSHOP ON HORTICULTURAL PRODUCTION UNDER STRUCTURE

Held at

National Chia-Yi Institute of Agriculture

Chia-Yi, Taiwan

15~17 March, 1989

Edited by

Tzay-Fa Sheen
Miao-Miao Hsu

Financially Supported by

Council of Agriculture, Executive Yuan

Cosponsored by

Taiwan Provincial Department of Education

Taiwan Agricultural Research Institute

Published by

Fengshan Tropical Horticultural Experiment Station, TARI

Qctober, 1989

七十八年設施園藝研習會紀念

目　錄

開幕典禮

致開幕詞……呂主任明雄……V
長官致詞……侯技士鳳舞……VI
致歡迎詞……沈分所長再發……VII

第一節　設施環境之控制與管理

溫室內溫度與濕度控制模式……王鼎盛、邱文山……1
溫室降溫設施與控制……吳中興……32
設施內輻射環境的控制與管理……申雍……47
溫室自動化系統功能之探討……張祖亮……55

第二節　設施資材之開發與利用

理想栽培介質之調製……王才義……65
炭化玉米穗軸之利用……王昭月、鄭榮瑞、林滄澤、林學正……76
穴盤育苗系統之介紹……林瑞松……83
覆蓋資材之特性及利用……王鼎盛……93

第三節　養液栽培技術

溫室洋香瓜之養分吸收試驗……沈再發、許淼淼……109
熱帶實用化水耕栽培技術之探討—動態浮根式水耕系統之改良……高德錚、張盛添、洪財生、梁純玲……130
熱帶地區番茄水耕系統之改進……太田保夫、吳登林……148
利用養液薄膜法（NFT）栽培葉菜類……李美玲、張國珍、康有德……163

第四節　實用設施栽培技術

蔬菜設施栽培連作問題及病蟲害管理……郭孚燿、吳世偉……172
都市近郊設施蔬菜產銷體系之探討……廖芳心、張粲如、陳榮輝、王秀珠……192
溫度對蔬菜光合作用及呼吸作用之影響……翁仁憲……209
豌豆芽菜生產技術之探討……何偉真、黃泮宮、林正雄……218
溫度、光照、氮肥收穫後貯藏及烹調方式對設施蔬菜品質之影響……張盛添、高德錚、梁純玲、王夏玲、張惠真……226

第五節　綜合討論

綜合討論……241
設施環境之控制及管理發展方向
設施資材之開發與利用之發展方向
養液栽培技術之發展方向
設施栽培技術之發展方向
技術轉移與輔導、補助之方式
設施園藝人才之培育方針
研習會出席人員名單……248

CONTENTS

OPENING SESSION

Opening Remark by Mr. Min-Hsiung Leu, Dean of Academic Affairs, National Chia-Yi Institute of Agriculture V
Address by Mr. Fong-Wu How, Horticulturist of COA VI
Welcome Address by Dr. Tzay-Fa Sheen, Director, Fengshan Tropical Horticultural Experiment station, TARI VII

SESSION 1. ENVIRONMENTAL CONTROL AND MANAGEMENT

The mathematical model of temperature and humidity control for greenhouses . . . . . Tin-sen Wang and Wen-shan Chiu 1
Cooling facilities and the control systems in greenhouses . . . . . Chung hsing Wu 32
Control and management of radiation environment in greenhouses. . . . . . Yuan Shen 47
The survey of the automated greenhouse system. . . . . . Tsu-liang Chang 55

SESSION 2. DEVELOPMENT AND UTILIZATION OF MATERIALS

Construction of desired growing medium . . . . . Tsai-yih Wang 65
The utility of carbonized corncob. . . . . . Jau-yueh Wang, Jung-jui Cheng, Jsang-tzer Lin and Shue-cheng Lin 76
An introduction of plug system production . . . . . Ruey-song Lin 83
The characteristics and utilization of the covering materials for greenhouses . . . . . Tin-sen Wang 93

SESSION 3. HYDROPONICS

Studies on the nutrient uptake of muskmelon (*Cucumis melo* L.) in greenhouse . . . . . Tzay-fa Sheen and Miao-miao Hsu 109
An novel design on the tropical hydroponic technique–An improvement on the DRF hydroponic system . . . . . Te-chen Kao 130

Improvement of hydroponic tomato culture system for the tropics
.... Yasuo Ota and Deng-lin Wu 148
Leaf-vegetable crop production under nutrient film technique in the Highland-Experimental Farm of National Taiwan University
.... Mei-ling Lee, Kao-chen Chang and Yeou-der Kang 163

SESSION 4. PRATICAL PRODUCTION TECHNIQUES

Disease/pest control and continuous cropping problem on the vegetable facilities culture
.... Fu-yao Kuo and Shih-wei Wu 172
Investigated on production and market system vegetable cultivated with pipehouse in suburbs
.... Fang-shin Liao, Tsan-ru Chang, Yung-huei Chen and Hsiu-chu Wang 192
Effect of temperature on photosynthesis and respiration in vegetable crops
.... Jen-hsien Weng 209
Study on pea sprout production .... Wai-jane Ho, Pan-kong Huang and Cheng-hsiung Lin 218
Studies on the effects of temperature, light intensity, nitrogen form, cooking and postharvest process on quality of pai-tsai (*Brassica chinensis* L.)
.... S-ten Chang, Te-chen Kao, S-lin Liang, S-lin Wang and Hei-jin Chang 226

SESSION 5. GENERAL DISCUSSION

General discussion 241
Participants 248

呂主任明雄致開幕詞

今天因本校校長到台北參加農業技職教育研考會，所以不能夠親自來歡迎各位，在此我代表校長向各位致誠摯的歡迎之意。

今天，我們在這裡舉辦這個研習會主要是因為目前農委會及農林廳正積極的推動設施園藝的研究，並且把設施園藝列為農委會的十大國家級計畫，此意味著設施園藝的重要性及其未來的潛力。本省傳統的農業是以水稻等糧食作物為主的經營形態，隨著經濟的發展，國民所得的提高，而轉變為園藝作物為主的經營形態。本省地處熱帶、亞熱帶環境，雖然適合於園藝作物的生產，不過由於夏季的高溫多溼、冬季的低溫寒流的危害，使園藝作物的生產構成些限制，所以如何利用園藝設施改變園藝作物生產的環境條件，提高園藝作物的產能，也就是符合省政府所推動精緻農業的政策。

台灣設施園藝的栽培面積，洋香瓜及其他果菜類約320公頃、蘆筍和其他葉菜類有90公頃、種苗與觀葉盆花類有120公頃、切花有500公頃之多，而蘭花的栽培有100公頃、木瓜等果樹也有50公頃及菇類栽培有400公頃，總計目前本省設施園藝的栽培面積達到1,580公頃，而且面積在逐年增加之中，所以設施園藝的利用就隨著資材的開發和栽培技術的改進，生產規模逐漸的擴大，而且設施栽培作物的種類有越來越多的趨勢，因此如何以經濟有效的設施來控制園藝作物的生產環境，提供我們園藝作物最適宜的生長條件，而達到提高產量，改進品質，及調節產期的目的，就是我們園藝設施的發展所必須要研究的課題。

今天研習會的主講人都是目前國內設施園藝面的專家與學者，而各位老師目前也都在高農從事於培養我們未來農民的工作，我們極盼望藉著研習會能夠吸取新的知識和技能，集思廣益，為本省的設施園藝規劃出經濟的誘因，生產的項目及方法，並培育未來現代化農業經營的農民共同，為園藝開創更美好的明天。今天在本校開會如果有服務不週的地方，還請各位多多的包涵，並請各位指教。在各位報到的資料袋中附有本校的簡介，這份簡介是一年多前刊印的，有些資料都已改變了，不過也請各位做參考。某些科別明年會改變，如森林科資源組改成資源管理組，森林利用組改成林場利用組，另外食品加工科改成食品工業科，同時農田水利工程科也改成農業土木科，簡介中一些資料已有改變。包括師資、學生均隨著學校的發展而改變，本校目前的校地分為三處，這裡是蘭潭校區，我們已遷校四年，整個遷校尚未完成，在遷校的過程中有些不方便的地方也請各位指正，最後謹祝大會成功，並祝與會的各位女士、先生身體健康、萬事如意，謝謝！

侯技士鳳舞致詞

呂主任、沈分所長、各位貴賓、各位女士、先生：

今天在嘉義農專舉辦設施園藝研習會，邀請國內有關設施園藝方面的專家、學者、老師及業者來參加，個人能有這個機會來參加感到十分榮幸。今天的研習會本會園產科李科長、輔導科邱科長原想親自來參加，但因立法院經濟委員會今天開會不能來，由本人代表他們參加。首先要感謝籌備單位教育廳、嘉義農專及鳳山熱帶園藝試驗分所在這段時間熱烈支持。

記得兩年前在農試所召開過第一屆設施園藝研討會，上個月在農試所舉辦了一次相關的設施園藝研討會，這表示我們經過幾年的努力，已經有不少的進步與成果，譬如在設施結構本土化、設施資材之開發與利用、設施環境的控制與管理及其他設施栽培技術、連作、熱帶水耕等持續之開發研究，已有相當程度的改進。台灣地區的農業現在面臨一個轉捩點，已由傳統農業的經營轉變為現代化科技形態的經營，我想它的理由有三點，第一、從傳統上以糧食、水稻等為主的經營形態，現在已轉變為以園藝為主的高收入的經營形態。第二、農業人口逐漸減少，尤其是年輕人流向都市工商部門，我們正面臨農村勞力缺乏的問題，所以首先需要省工、自動化及現代化的農業經營形態。第三、農業已不是靠天吃飯的時代，我們不能滿足現在依賴自然環境從事生產的形態，希望能改變這種環境，例如利用簡易設施防雨、防蟲、防風等，在有限的範圍內，盡最大的努力來研究開發，並改善我們的生產環境，以協助克服農業生產的問題，我想設施園藝就是利用人為的方式，利用設施來改善生產環境，提供園藝作物最適合的生長條件來達到經濟生產提高收益的高科技綜合的栽培方式，因此，未來園藝生產一定是令人感到比較舒適的一種形態。最後，我想再提出幾個比較具體的方向，供大家參考。第一、設施結構的本土化；第二、設施資材本國化；第三、設施管理科學化、自動化；第四、設施經營週年化、企業化；第五、設施產品精緻化；第六、市場銷售國際化。我們都知道設施園藝是一種綜合性的農業科技，除需要結合工程資訊方面，還需結合教育方面的人才，以培育設施方面的核心人才，總而言之，這兩年來，我們在設施園藝方面的研究與開發已有相當的成就，可是問題仍然很多，我們也希望藉這次的研習會，能夠再集思廣益，就有關問題再繼續討論，共同開創園藝美好的境界，也希望設施園藝能更進步，使我們國家的農業更發達。

最後，我想利用這個機會祝這次研習會順利成功，各位身體健康、萬事如意，謝謝大家。

沈分所長再發致歡迎詞

呂教務主任、侯技士、各位學者、專家、各位老師：大家好！

剛剛呂主任已說過台灣的設施園藝逐漸在發展中，目前已達到1,580公頃，同時侯技士也支持往後的農業需要企業化經營。設施園藝變成一種必要的、重要的發展上的農業，也就是傳統農業變成企業化農業必要的一種技術。台灣省政府目前正在推行精緻農業，為了使技術能夠提升，增加農民收益，設施園藝就是一個很重要的方法。來設施園藝是溫常地區栽培的技術之一，特別像北歐、日本地區，其日照不足，氣候寒冷，需要利用各種加溫設備來生產冬天寒冷的時候沒有辦法生產的產品，所以對他們來說，就是一種促成栽培為主的設施。可是台灣在亞熱帶地區，夏天高溫多雨，冬天又有寒流，此與溫帶地區為了防寒而產生的園藝設施，目的上應有所不同。我們一整年都可生產很多東西，為何還要這些設施？本人覺得與溫帶地區設施目的之優先順序有幾點不同，第一、為了提高品質，而溫帶地區是為了促成栽培；提高品質即是在夏天多雨或冬天寒冷的時候生產很好品質的產品，所以我們的設施最主要目標應當是以品質為主。第二、是要穩定生產，高溫多雨的季節如能順利生產，農民便可以賺點錢。可是連續多雨導致田裡無法耕作，園產品缺乏，使市場價格不穩定，所以需要有穩定的生產，這是第二個目的。第三、整體經營上要注重省工，這是農業上勞力不足很重要的課題。為一綜合性的科技，需要很多方面、很尖端的技術，所以希望有好的農村青年留在農業多動一點腦筋，使我們的農業更有希望。各位老師為擔負培養此優良農村青年的責任。今天在研習會中，邀請專家、學者就他們專業方面的知識來發表精彩的演講，我們希望能藉此講演充實科學的知識。在此農業機關、學術機關和學校似乎有點疏離感之時，希望能藉此研習會達到相互間技術與學術交流之目的，使設施栽培技術更進步，同時能夠提高農民的收益。最後祝各位女士、先生身體健康、萬事如意，謝謝！

溫室內溫度與濕度控制模式

王鼎盛　邱文山*
台灣大學農業工程學系

摘　　要

溫室內環境包括光、溫度、濕度、氣壓及風速等之氣候環境及噪音、空氣組成、土壤、生物、放射能等非氣候環境。而以良好的設施與管理作出適宜作物生長之溫度環境，乃為設施園藝之第一步，良好的設計則要有模式可為依據。本研究之目的即在建立溫室內溫濕度控制之模式，利用穩定狀態下熱傳遞與質量傳遞的理論，參考作物生理對溫度之蒸發蒸散反應，用數理方法建立溫室內溫濕度管理之依據，並以本省歷年之氣候資料及蒐集之本省常見溫室型態，模擬溫室內溫、濕度之變化，來建議一最經濟而適當的通風及加溫、冷卻量。

本模式之特色是摒除利用外加感應器應答資料輸入之方式，完全以氣象局之氣象報告，配合數理模式來模擬出溫室內之溫濕度環境，雖然直覺上利用感應器精度較好，但精確的數理模式才是可長期信賴的，且本模式重點在預測，可在極短時間內模擬出一天中溫室內溫濕度之變化情形，並提供溫室內土壤溫度變化資料，且轉換成所需之能量輸出，以便作為溫室管理及附屬設備設計之準繩。節省感應器之經費、操作之簡便是推廣的利器，可為將來溫室自動化奠定良好數理基礎。

本研究之模式除用以模擬預測未來溫室內溫度與濕度，提供溫室之管理預防應變措施外，並可為改善現有溫室、通風、加熱及冷卻之依據，對於溫室更改植物種類時可給予評估，溫室之新建可給予正確的興建準繩，為方便環境控制設計上實際應用，本模式已繕寫成FORTRAN程式以資推廣與使用。

一、前　　言

本省隨著國民生活水準的提高對各項園藝作物之需求及品質要求亦隨之提高，而作物之生長與其生長環境息息相關，然若在自然環境下生長，夏季高溫多濕、颱風豪雨頻傳，冬季則有間歇性寒流來襲，春季梅雨連綿；因環境氣候影響，造成生產不穩品質不易控制、產期過於集中、市場飽和、價格下跌、淡季供應不足價格昂貴及喪失商品價值，因此採用各項設施來改善園藝作物之生長環境，以控制提高產量、品質，並調節產期之集約栽培，此新興之專業栽培技術稱之為『設施園藝』[1]。

＊國立台灣大學農業工程學系副教授及研究生

園藝設施是幫助作物栽培之掩蔽物與一般房屋不同，具有以下之特質：

Ⅰ. 作物直接在栽培床或地面生長，故不需樓板。

Ⅱ. 設施內作物需日照以行光合作用，故設施內之屋面及牆面應儘量使有效光透過，骨架亦應採纖細者以免阻蔽光線透入。

Ⅲ. 溫室之建造目的雖與一般房屋不同，但承載同樣之載重，且一般而言，溫室之本身重量較輕，故容易被風吹浮，因此其抗風性較需考慮。

由於溫室具有以上之特質，溫室內溫濕度環境在外氣候之變化下，形成一特殊之微氣候環境，其影響之諸因子如下[1]：

Ⅰ. 外氣候：

太陽位置（高度、方位、日長）

大氣透過率（直達、天空、全天日射量、波長組成）

氣溫、濕度、風（風速、風向）、降雨（量、強度）

空氣組成（CO_2濃度）

Ⅱ. 構造及設備：

方位、緯度、形狀（長寬高、屋頂斜率及形狀、棟間距、連棟數）、結構組合（樑柱系統、屋面系統、牆面系統）、構材（斷面、尺寸及材質）、被覆材料（散光性質、光透過率、透過光質、反射率、導熱性質、吸收率）、附屬設備（換氣、保溫、冷卻及加溫設備、反射板、灌溉系統、遮陰網等）

Ⅲ. 作物群落：

植物結構（植物分佈、種植方位、葉面積指數）

輻射特性（吸收率、放射率）

植物特性（生理特性、光合成、氣孔開閉、葉溫、蒸散量、呼吸量）

Ⅳ. 其他：

作業門之啟閉（出入次數、大小）、溫室密合度、作業人員（熱收支、呼吸量）、土壤（種類、水份含量、熱貯存及放射）、溫室周圍之地物。

由於以上諸因子之影響導致溫室內溫、濕度、日照、風速、CO_2環境之綜合變化。

各種園藝作物均有其特定生長之適宜環境，而設施為修正其不利條件以達到改善農作物品質、疏散產期、提高作物價值之初始目的，本研究即針對溫室內溫濕度環境之控制模式，模擬作物最適生長之溫濕度環境，並為將來溫室自動化控制奠定數理基礎。

二、研究目的

設施園藝的發展，在營運上有兩極端之傾向，一是以投入大量之資本，建立較大規模之設施、完備之裝置及高水準栽培管理技術之環境控制溫室園藝。另一為以最低需要的投資金額及勞力，構築簡易、無加溫冷卻設施以自然修正環境之設施園藝[1]；兩者基本上有其共同之技術及思想，然前者須投入大量資本，惟有大戶農家或企業家有能力經營，故本研究是屬於後者而儘量利用自然力量改善農業生產及農民工作環境為宗旨，降低生產成本，並提高農產品質，以提高生產性。

本省近幾年來隨經濟繁榮的腳步，園藝用溫室，如雨後春筍般到處林立，但溫室的構造及附屬設備，大都仿造歐美、日等溫帶國家，因本省位於海洋性亞熱帶氣候區而與歐美、日之氣候差異大，尤其在夏季溫室內悶熱之微氣候工作者身心大受影響，且一般作物在此環境內生長沒有預期之順利，加上對溫室環境控制經驗方興未艾，幾乎都在黑暗中摸索，造成大量資金浪費[2]，故本研究之目的在建立一套通用型式之溫室內溫濕度氣候模擬及控制程式，供使用溫室者更有效地利用溫室，並使農業工程師或一般建造者在操作、設計、構造溫室時能依預知之情形，建造出最廉價且適合作物生長環境之溫室。

本模式之建立，摒除了利用儀器（日射計、風速計、溫濕度計、電熱偶、資料分析儀等感應器）計測的動態模擬依據，不但適用於預測工作，且可根據以往之氣象資料及植物生理資料，決定植物之最適生長季節，或作為新品種植物引進的價值評估，可供農民及農業試用機構選擇使用。另外尚可提供土溫變化情形，供研究土壤性質的學者使用，有利於農藝、農工、園藝方面做土壤結構之改善。

本程式均用自由格式化（Free Format），且儘可能使用中文說明，讓使用者能在最短時間內學會操作、輸入，並配合PC之普及，只要擁有PC即可使用本程式。

三、文獻探討

㈠相關研究及演進

溫室氣候在先進國家中已發展了幾十年，早期之研究主要以實驗及靜態分析為主，主要之研究群有英國Morris, Whittle, Lawrence（1954, 1959, 1960）所領導的NIAE研究組及德國Renard, Hiller（1956, 1957）為首之研究小組[3]。

60年代，隨著熱力學、熱傳遞學之發展，定常狀態（Steady state）之熱平衡方法被引用到溫室氣候分析，主要研究者有Yabuki, Imazu（1961）； Siebert, Renard（1962）Businger（1963）；Sugi, Takakura（1965），其中以Businger首創利用迭代法技巧由溫室環境因子預估溫室內溫度，此法不但為溫室氣候模擬立下一新里程碑，亦加速後來非定常狀態（Unsteady state）分析之腳步。

跟隨熱傳學之發展，分析溫室熱環境之非定常狀態也分成為數學解析法（Analytical methods）及數值方法（Numerical method）二種路線，在解析法方面有用線性加權法（Linearity-Weighting function method）（Takakura, 1967, 1968）[3]；被動網路法（Passive network method）（Froehich et al., 1979）；及用類比電腦解（1973，O' Flaherty）。而在數值方法方面首推日人Takakura等（1971），用CSMP模擬語言做數值模擬，明確定出系統之邊界條件，如內表面凝結，溫室土層之二維分析等。此法隨電腦之進步而突飛猛進，相繼為人引用，有Kimball（1973，1981）；Soribe, Curry（1973）；Kindelan（1980）；Chandra et al.（1981）；Avissar, Mahrer（1982）；Von Elsner（1982）；…等人相繼提出類似之報告。至1983年G.P.A. Bot提出了一前所未有之複雜模式，主要包括3個子模式（光透過；熱及質量傳遞；控制函數）。

1983年ISHS（世界園藝協會），有感於模擬程式繁多，令人無所適從，故選取C.H.M. Van Bavel; T. Takakura; G.P.A. Bot三人之模式為代表，在美國Lubbock，日本Tokyo，荷蘭Wageningen，三地實測比較，於1985年報告指出，在相同條件下，其運算方法雖不盡相同，但其結果卻十分相近（在下節討論）。

(二)文獻的比較及探討

Takakura等人於1971年所提出預測溫室溫、濕度變化之電腦模擬程式中，加入了植物蒸發散量，濕床土的蒸發量，玻璃內表面之凝結量等之分析，連全天光照中之直射光及天空漫射光也分別測計其值；直射光相對於溫室之平均透過率則採用Threlkeld（1970）所提出的方法求出，在溫室外氣溫、比濕度、風速、直射光、漫射光之輸入方面則採用富利葉函數（Fourier series）。可貴的是在此程式中也計及到溫室之通風、加熱、蒸發冷卻等狀況之變動。在水氣之質量傳遞方面，也明確表示出在傳導面的組成及面與空氣間之比濕度差的大小對質量傳遞的多寡影響甚鉅，因此計測植物葉片之水汽傳遞量時可將氣孔的開閉情形視為時間函數代入；另在長波輻射熱交換方面則採用線性方式處理。綜合以上觀念及變因控制簡化後所做模擬結果顯示出：(1)長波輻射熱交換，(2)植物蒸發蒸散量，(3)濕床上蒸發量，三項所佔份量頗重，絕對不能忽視。

此程式是用迭代法及Runge-Kutta-Gill法計算，但不為一閉合解法，所以Froehlich等人（1979）採用Albright & Scott（1977）[3]提出對連棟多重覆蓋溫室之閉合式解法，以預測溫室內之比濕度、植物體及床面溫度。他們將牆、空氣、床面均視為能傳熱及貯熱之物質，並將溫室內加熱設備考慮在內；熱從牆面傳入床面之計算方式則用Jordan等人（1968）所提出之方法。在室外溫、濕度等資料輸入方面，則不用富利葉函數（Fourier Series）而改用尤拉函數（Euler formula），由於是閉合計算，故採用6個調和富利葉函數計算每小時輸入的資料值，然後跟實測值比較其結果顯示，用富利葉函數閉合計算，在每日開始及結尾均產生甚大誤差，須予去除，雖然如此，但其中間之計算值跟實測值出入不大。

(三)本研究之特色

在此次模擬中，我們摒除了富利葉函數及尤拉函數而採用多項式迴歸後之係數，其優點可因時因地不同，而以輸入的溫、濕度、風速、植物內層擴散阻力等係數，故只要有氣象局公佈之預測最高、最低溫度及相對濕度，則可依迴歸曲線輸入係數而得當時間之溫、濕度，其例如下：

$$Ti = Tmin + Ci(Tmax - Tmin)$$

再則我們亦把植物內層水汽擴散阻力係數，當成時間函數，隨時間之不同，改變其值，這是尚未有人嘗試過的，本次採用之係數曲線乃Cocilia Stanghellin等人（1985）之實驗數據迴歸曲線。

本模擬程式因顧及台灣及日本均屬海洋型氣候，且日本之溫室發展背景及路線與台灣相近，故選取Takakura之模式為主要架構，加入外氣候模擬代替儀器（Sensor）之動態模擬，且顧及植物之生長特性，並引用各國相關研究報告、文獻之成果修正模式，使更適合台灣溫室環境之模擬，並為將來設施園藝自動化控制系統奠定良好數理基礎。

四、溫室內傳熱原理及氣象條件

(一)熱傳原理

熱乃由高溫處流向低溫處[4]，此熱之移動現象可分為熱傳導（Heat conduction），熱對流（Heat convection），熱輻射（Heat radiation）三種，其中熱傳導係高溫處分子因振盪對低溫處分子連續不斷的傳遞熱之能量；熱對流係物體的熱之一部份對他部份之相對移動，同時具有熱能量之搬運現象；熱輻射乃熱之能量按電磁波之形態而傳遞者。

1.熱傳基本式

熱由高溫處向低溫處移動時，在熱之流動處各部份之溫度不因時間之經過而變動，即溫度之分佈一定與時間之變動無關，此熱之傳遞狀態稱為穩定狀態（Steady State）[5]，以下各式均在穩定狀態下之熱傳遞式。

(1)熱傳導之基本式

有一均質材料厚度d，高溫面之溫度 θ_1（℃），低溫面之溫度 θ_2（℃），熱由一面流向他面，若處穩定狀態下則熱之流量與溫度差（$\theta_1 - \theta_2$）、時間t（hr）及壁面積F（㎡）成比例，與厚度（距離）d成反比，故通過壁面之熱量即所傳導之熱量Q（Kcal）可依下式[6][7]表之：

$$Q = k(\theta_1 - \theta_2)Ft/d$$

k：熱傳導係數（Thermal conductivity）（Kcal/ m.hr.℃）

(2)熱對流之基本式

熱傳遞中由固體表面與周圍流體間之傳熱現象稱為對流傳熱，此傳遞量適用於牛頓冷卻定律（Newton' s cooling law），即微小時間dt，所通過微小面積dF之熱量dQ如下式[6][7]：

$$dQ = h(\theta_1 - \theta_2)dFdt$$

在穩定狀態時，t 時間所流熱量Q為

$$Q = h(\theta_1 - \theta_2)Ft$$

θ_1：固體之溫度 （℃）

θ_2：周圍流體之溫度 （℃）

h ：熱對流係數 （Kcal/ ㎡・hr・℃）

(3)熱輻射之基本式

輻射乃空間中某點之能量對他點以相當大之速度而移動之現象，物質的分子振動激烈時放射出一種電磁波稱為輻射波，由此輻射波來傳遞熱之能量，此量與輻射體及受射體之射出率有關，且與輻射體對受射體之形態係數成正比，並與溫度之4次方差成正比，其表示式如下[6][7]：

$$Q = \varepsilon_1 \varepsilon_2 \eta_{12} \sigma(\theta_1^4 - \theta_2^4)$$

Q ：單位面積、時間之熱量（Kcal／㎡ hr）

ε_1：輻射體之射出率

ε_2：受射體之射出率

η_{12} ：輻射體對受射體之形態係數

σ ：波茲曼常數（Stefan-Boltzmann Coeff.）

約4.88 E-8 Kcal／㎡ hr °K⁴

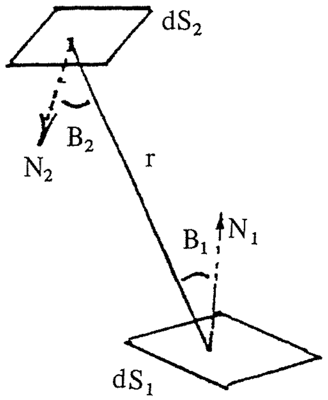
＊＊有關形態係數詳論於四(二)節。

(二)形態係數（Shape Factor）

形態係數是兩個面之間居於幾何位置關係，由一個面放射光能到達第二面個的能量之比率[8]。而不代表到達第二面為它所“吸收”之大小，而且它代表由第一個面“直接”放射到達

第二面，中間不經過任何物體間接反射。形態係數祇依兩面之幾何位置而定，與大小無關[9]，如下圖；根據Lambert餘弦定理，空間中兩微小面dS_1，dS_2間之形態係數可以下式[6]表之：

$$\Phi_{12}=\frac{COS\ B_1\ COS\ B_2\ dS_2}{\pi\ r^2} \qquad (1)$$



故若兩平面面積S_1，S_2則由S_1放射輻射量進入S_2其形態係數Φ_{12}為：

$$\Phi_{12}=\frac{1}{S_2}\int_{S_1}\int_{S_2}\frac{COSB_1COSB_2}{\pi r^2}dS2dS_1$$

1.形態係數之交互法則

交互法則又名互換定理[9]，由上式知

$$\Phi_{12}\ S_2=\int_{S_1}\int_{S_2}\frac{COSB_1COSB_2}{\pi r^2}\ dS_2dS_1$$

$$=\Phi_{21}\ S_1$$

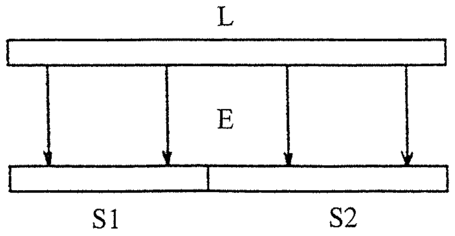
$$\Phi_{21}=\frac{S_2}{S_1}\ \Phi_{12}$$

此關係即為交互法則，它永遠成立，係由純幾何學之關係，與溫度無關。

2.形態係數之特質

(1)受輻體之切割

如下圖所示，有一平面L發射一單位面積、單位時間之均質光源E，投射於面積S之平面，若受射體之形態係數為$\Phi_{L\text{-}S}$，則$\Phi_{L\text{-}S}$與$\Phi_{L\text{-}S1}$及$\Phi_{L\text{-}S2}$有如下之關係：



S=S1+S2

依能量不滅原理得

$$E\ \Phi_{L\text{-}S}\ S=E\ \Phi_{L\text{-}S1}S_1\ +E\ \Phi_{L\text{-}S2}S_2$$

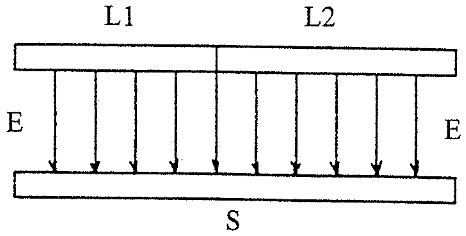
$$=>\ \Phi_{L\text{-}S}=(\ \Phi_{L\text{-}S1}S_1-\Phi_{L\text{-}S2}S_2\ )/S$$

$$=\Phi_{L\text{-}S1}S_1/S+\Phi_{L\text{-}S2}S_2/S$$

亦即平面之形態係數為其分割平面之形態係數的面積加權平均；若分割採等面積分割則平面之形態係數乃其分割平面之形態係數的平均值[9]。

(2)輻射體之切割

如下圖所示，若將光源面L切割為L_1及L_2兩面均以強度為E之光源投射於平面S，則形態係數$\Phi_{L\text{-}S}$與$\Phi_{L1\text{-}S}$及$\Phi_{L2\text{-}S}$有如下之關係：



L=L1+L2

亦從能量不滅之關係可得

$$E\ S\ \Phi_{L\text{-}S}=E\ S\ \Phi_{L1\text{-}S}+E\ S\ \Phi_{L2\text{-}S}$$

$$=>\ \ \Phi_{L\text{-}S}=\Phi_{L1\text{-}S}+\Phi_{L2\text{-}S}$$

$$=>\ \ \Phi_{L1\text{-}S}=\Phi_{L1\text{-}S}-\Phi_{L2\text{-}S}$$

$$=>\ \ \Phi_{L2\text{-}S}=\Phi_{L1\text{-}S}-\Phi_{L2\text{-}S}$$

由上可知若有多個光源面均以等值之均質光源投射於同一平面，則其形態係數可適用於加減之運算[9]。

㈢氣象條件

1.氣溫變化之模擬

根據ASHRAE統計歷年來每日氣溫變化之資料顯示每日氣溫之變化可以一條標準曲線表示之[9]，由此僅需知每日之最低及最高溫度，即可推算一日中任意時刻之氣溫變化，此標準曲線如下圖，一日中任一時刻氣溫之計算公式如下：

$$Ti=Tmin+Ci\ (\ Tmax-Tmin\ )$$

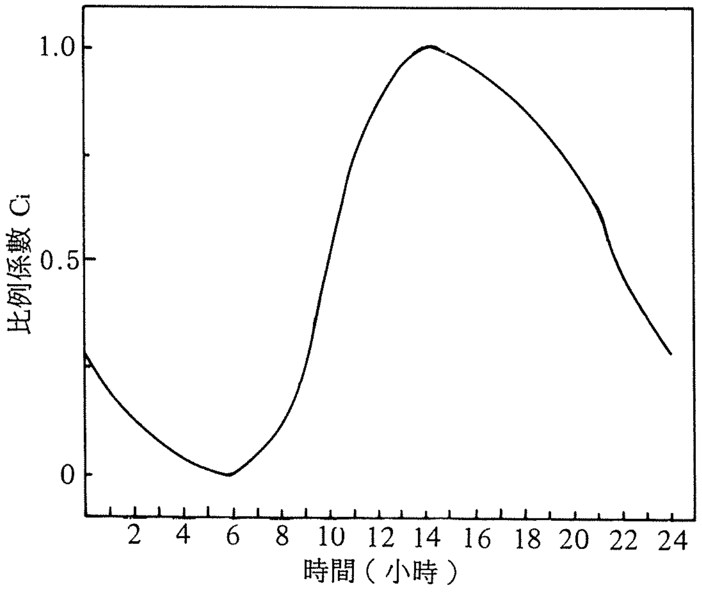


圖1.1 氣溫變化標準曲線圖

故由氣象局預測之最高溫度Tmax及最低溫度Tmin，再由上圖中查出該時刻之Ci值，即可計算出該時刻之氣溫，此舉是為了替代使用感測器而完成更有效率之預測工作。

2.濕度變化之模擬

一般情況下，氣溫上升後，若空氣中所含水量未變，則因飽和蒸氣壓增高，故相對濕度下降，由是假設一日中的空氣為同一空氣，則濕度的全日變化恰與氣溫變化成反比。同理僅須知每日之最大及最小相對濕度即可推算出一日中任一時刻之濕度變化，其標準曲線如下圖所示[10]，同理一日中任一時刻之Di值可由上圖查出，再由氣象資料得知最高相對濕度R Hmax及最低相對濕度R Hmin化入公式，即可求出任一時刻之相對濕度：

$$R\,H_i = R\,H_{min} + (R\,H_{max} - R\,H_{min})\,D_i$$

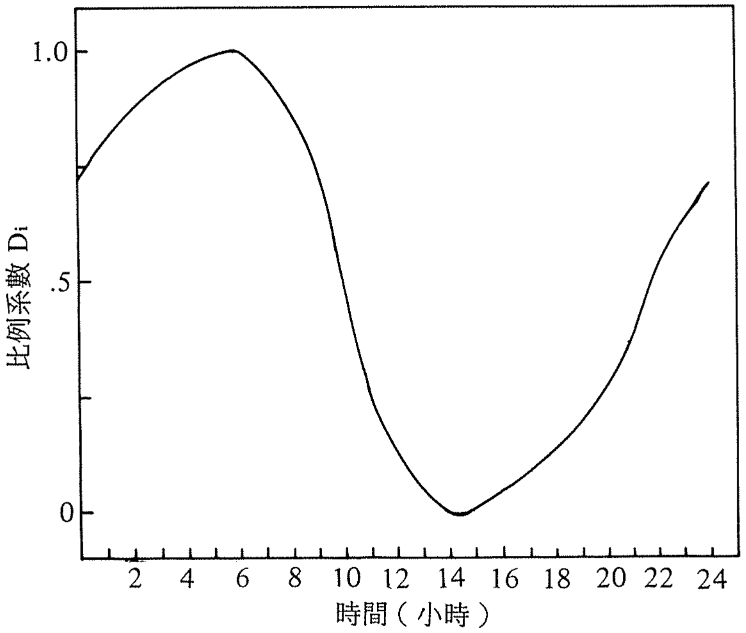


圖1.2 濕度變化標準曲線圖

3.大氣透過率

在溫室計算中陽光之透過、吸收、反射等均非常複雜，有關計算過程及方法無法一一贅述，但在此特別要提出討論的是「大氣透過率」的值。一般在計算大氣透過率均採下列公式計算[11]：

$$\tau_m = 0.5\,(e^{-0.65m} - e^{-0.095m})$$

上式中 $m(Z, \alpha) = m(O, \alpha)\ P(Z)/P(\theta)$

其中 $m(O, \alpha) = [1229 + (614\ SIN\,\alpha)^2]^{1/2} - 614\ SIN\,\alpha$

τ_m：大氣透過率

Z：海拔高度

α：太陽高度

P：大氣壓

但我們代入其公式運算，發現其值遠大於氣象局近幾年來公佈之實值，查其原因乃上列公式只適合於無空氣污染的晴朗天氣，較不適用於台灣氣象，故採用Hottel（1962）所提出之修正公式[12]如下：

$$\tau_m = a_o + a_1\ e^{-KCSC\alpha}$$

a_o，a_1，k，稱為大氣模數，如下表，海拔不同時可用內插或外插方法求得，其值比較接近台灣現有之大氣透過率的值。

表四・一 大氣模數值

	海平面上高度（KM）					
	0	0.5	1	1.5	2	2.5
	23 Km 模糊模型					
a_0	0.1283	0.1742	0.2195	0.2582	0.2915	0.320
a_1	0.7559	0.7214	0.6848	0.6532	0.6265	0.602
K	0.3878	0.3436	0.3139	0.2910	0.2745	0.268
	5 Km 模糊模型					
a_0	0.0270	0.063	0.0964	0.126	0.153	0.177
a_1	0.8101	0.804	0.7978	0.793	0.788	0.784
K	0.7552	0.573	0.4313	0.330	0.269	0.249

4.太陽位置

由太陽所射出之輻射線，即為日光，其對地上之物體照射現象稱為日照，日照中包括日射，通常所指日射乃太陽輻射線之熱作用而言，溫室中之微氣象環境能量來源大部份來自日照，故要探討溫室環境，首先須了解太陽在該區之位置（高度角、方位角），一般太陽高度h及太陽方位角A計算方式[6] [12]如下：

$$Sin\ h = Sin\ \Psi\ Sin\ \delta + Cos\ \Psi\ Cos\ \delta\ Cos\ t$$

$$Cos\ A = \frac{Sin\ h\ Sin\ \Psi - Sin\ \delta}{Cos\ h\ Cos\ \Psi}$$

或

$$Sin\ A = \frac{Sin\ t\ Cos\ \delta}{Cos\ h}$$

其中

Ψ：表緯度，北半球$\Psi > 0$，南半球$\Psi < 0$

δ：表太陽赤緯，春分、秋分$\delta = 0°$，夏至$\delta = 23°\ 27'$，冬至$\delta = -23°\ 27'$

因太陽赤緯每年週期性變動其計算方式方：

$$Sin\ \delta = Sin\ 23°\ 27'\ Sin\ B = 0.394979\ Sin\ B$$

B＝360（n-81）／365〔°〕[11]

t：表時角，真太陽時之正午為0°，午前為負，午後為正，一小時15°之分割，其換算式如下：

t＝（ta－12）＊15

＝｛ts＋（E＋（L－Ls）／15－12）｝＊15

ta：真太陽時

ts：標準時

L：經度（東經為正，西經為負）

Ls：標準子午線經度（東經為正，西經為負）

E：均時差，其近似公式如下：

E＝（9.87 Sin 2B-7.53 CosB-1.5 SinB）／60

＝0.1645 Sin 2B－0.1255 CosB－0.025 SinB[11]

有關太陽位置（高度角，方位角）之原理及計算公式之推演，不在此贅述，若有興趣可參閱參考文獻中之書籍。

五、模式之建立

溫室內溫、濕度平衡建立的基準點，主要依據熱收支平衡及水收支平衡之原理。

㈠熱收支及水收支式

1.熱收支式

｛溫室內空氣獲得之熱量｝

＝｛被覆材料內表面之對流傳熱量｝＋｛換氣產生內外空氣對換之顯熱傳達量｝＋｛作物體表面之顯熱傳達量｝＋｛加熱器之熱傳達量｝－｛冷卻器之熱傳達量｝

2.水收支式

｛溫室內空氣獲得之水汽量｝

＝｛內外空氣交換之水蒸氣流入量｝＋｛土壤表面之蒸發量｝＋｛作物葉面之蒸發蒸散量｝－｛被覆材料內表面之凝結量｝

基於此基本原理，我們發展了整個溫室內溫、濕度平衡之理論，其詳論於五㈡節。

㈡溫室內溫濕度平衡理論

1.被覆材料之熱平衡[13][14]

被覆材料之熱平衡可分為三部份，即材料外表面、材料內層及材料內表面來討論之，請參閱附圖㈠。

Ⅰ.被覆材料外表面

⑴被覆材料外表面與空氣之對流熱交換

$Q_{og_1}=h_{ou}(t)〔\theta_{ou}(t)-\theta_{og}(t)〕$

$h_{ou}(t)$：材料外表面之對流係數〔Kcal／m² hr ℃〕

$\theta_{ou}(t)$：外氣溫

$\theta_{og}(t)$：被覆材料外表面溫度

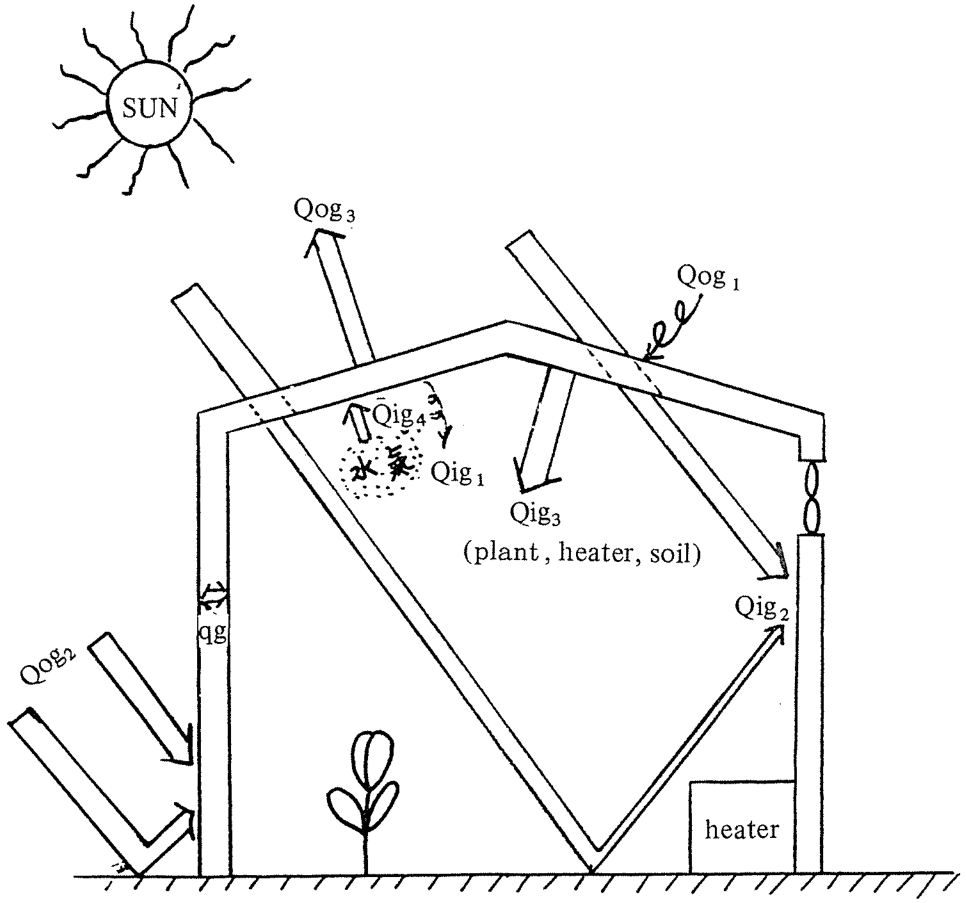


圖1 被覆材料之熱平衡圖

Ⅰ.被覆材料外表面

Ⅱ.被覆材料內層

Ⅲ.被覆材料內表面

⑵短波輻射熱交換

$Q_{og_2}=\alpha_g〔\lambda(t)(1+\eta_{ss} r_{os}) R_{dd}(t)+R_{ss}(t)〕f_s(t)$

α_g：被覆材料之吸收率

$\lambda(t)$：材料外表面直接日照之比率

η_{ss}：土壤對被覆材料之形態係數

r_{os}：土壤之反射率

$R_{dd}(t)$：直接日射量

$R_{ss}(t)$：漫射量

$f_s(t)$：遮蔽係數

⑶長波輻射熱交換

$Q_{og_3}=\eta_g R_{lg}(t)$

η_g：被覆材料對天空之形態係數

$R_{lg}(t)$：被覆材料外表面之長波淨輻射量

由(1)、(2)、(3)得材料外表面所獲得熱量為

$$Qgo = Qog_1 + Qog_2 - Qog_3$$

II. 被覆材料之熱傳導[13][14]

$$Qg = \frac{Kg}{Lg}[\theta og(t) - \theta ig(t)]$$

Kg：被覆材料之熱傳導係數〔Kcal／m hr ℃〕

Lg：被覆材料之厚度〔m〕

III. 被覆材料內表面[13][14]

(1)被覆材料內表面與空氣之對流熱交換

$$Qig_1 = hin(t)[\theta ig(t) - \theta in(t)]$$

hin(t)：被覆材料內表面之對流係數〔Kcal／m^2 hr ℃〕

(2)材料內表面與直達日射反射之吸收量

$$Qig_2 = \alpha g[\tau d(t)\ (\delta(t) + \eta is\ r\ isp)]Rdd(t)\ fs(t)$$

$\tau d(t)$：平均被覆材料透過率（受日照面）

$\delta(t)$：被覆材料內表面直接日照之比率

ηis：內部土壤對被覆材料內表面之形態係數

r isp：溫室內地表之反射率

(3)被覆材料內表面對植物、土壤等之輻射熱交換

$$Qig_3 = \Sigma\ \varepsilon g\ \varepsilon j\ \eta gj\ \sigma\ Cgj[\theta ig(t) - \theta j(t)]$$

j：表植物、土壤、加熱器…等

εg：被覆材料之射出率

εj：j物體之射出率

ηgj：被覆材料對j物體之形態係數

σ：波茲曼常數，約4.88E-8〔Kcal／m^2 hr k^4〕

Cgj：被覆材料對j物體之溫度積〔° K^3〕

$$Cgj = (\theta g + \theta j)(\theta g^2 + \theta j^2)$$

(4)被覆材料內表面與水蒸氣之熱交換

$$Qig_4 = \mu\ Km\ \zeta ig[Win(t) - Ws(\theta ig)]$$

μ：水蒸氣蒸發或凝結之潛熱容量〔Kcal／Kg〕

Km：水蒸氣質量傳導係數〔Kg／m^2 hr〕

ζig：凝結實驗常數（此以被覆材料為標準定為1）

Win(t)：室內空氣之比顯度

Ws(θig)：飽和比濕度

綜合(1)(2)(3)(4)得材料內表面之熱量為

$$Qgi = Qig_1 - Qig_2 + Qig_3 - Qig_4$$

現根據 I、II、III、所得被覆材料外表面所得熱量Q go，被覆材料熱傳導Q g及材料內表面之熱

量Q gi，若假設材質為定常狀態（Steady State）則

$$Qgo = Qg = Qgi$$

依上式可推導出

$$\theta ig = \frac{NUMER}{DENOM}$$

式中

$$DENOM = hin + \varepsilon g\ \sigma(\varepsilon p\ \eta gp\ Cgp + \varepsilon s\ \eta gs\ Cgs + \varepsilon h\ \eta gh\ Cgh) - \{(Kg/Lg)^2/(Kg/Lg + hou + \varepsilon g\ \sigma\ \eta g\ Cgo)\} + Kg/Lg$$

$$NUMER = \frac{(Kg/Lg)\{hou + \varepsilon g\ \sigma\ \eta g\ Cgo\ fs\}}{Kg/Lg + hou + \varepsilon g\ \sigma\ \eta g\ Cgo}\theta ou$$
$$+ \varepsilon g\ \varepsilon p\ \sigma\ \eta gp\ Cgp\ \theta p + \varepsilon g\ \varepsilon s\ \sigma\ \eta gs\ Cgs\ \theta s$$
$$+ \varepsilon g\ \varepsilon h\ \sigma\ \eta gh\ Cgh\ \theta h + \mu\ Km\ \xi ig[Win - Ws(\theta Ig)]$$
$$+ hin\ \theta in + \alpha g\ Z_d\ (\delta + \eta is\ risp)\ Rdd\ fs$$
$$+ \frac{(Kg/Lg)\ \alpha g\ \lambda\ (1 + \eta ss\ ros)Rdd + Rss\ fs}{(Kg/Lg) + hou + \varepsilon g\ \sigma\ \eta g\ Cgo}$$
$$- \frac{(Kg/Lg)\ \varepsilon g\ \sigma\ \eta g\ Cgo * 273 * (1 - fs)}{(Kg/Lg) + hou + \varepsilon g\ \sigma\ \eta g\ Cgo}$$

2. 室內空氣能量平衡[13][14]

室內空氣能量平衡可參照圖2所示分為五部份來討論：

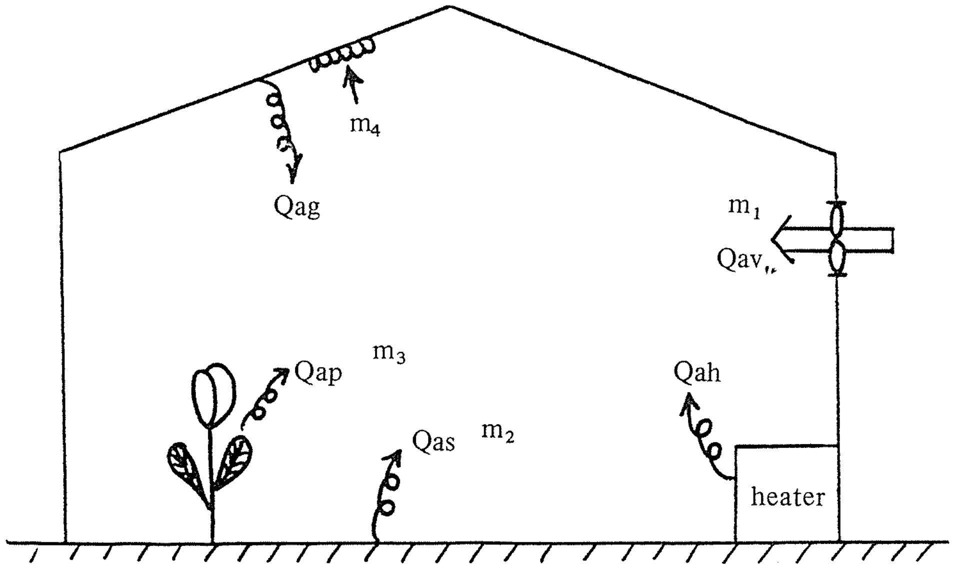


圖2　室內空氣能量平衡及濕度（水蒸汽質量傳遞）平衡圖

I.空氣與被覆材料之熱對流交換

$Q_{ag}=h_{in}(t)\ (\theta_{ig}(t)-\theta_{in}(t))A_g$

A_g：被覆材料表面積〔m²〕

II.室內外通風之對流熱交換

$Q_{av}=h_{ven}(t)\ [\theta_{ou}(t)-\theta_{in}(t)]A_g$

$h_{ven}(t)$：通風之對流係數〔Kcal／m² hr ℃〕

III.空氣與土壤之對流熱交換

$Q_{as}=h_{is}(t)[\theta_{is}(t)-\theta_{in}(t)]A_s$

$h_{is}(t)$：空內土壤之對流係數〔Kcal／m² hr ℃〕

A_s：土壤之表面積

IV.空氣與加熱器之對流熱交換

$Q_{ah}=h_{ih}(t)[\theta_h(t)-\theta_{in}(t)]A_h$

$h_{ih}(t)$：加熱器之對流係數〔Kcal／m² hr ℃〕

A_h：加熱器之表面積

V.空氣與植物之對流熱交換

$Q_{ap}=h_{ip}(t)[\theta_p(t)-\theta_{in}(t)]2A_p$

A_p：葉子表面積

由I、II、III、IV、V可知室內空氣能量變化為

$$C_a V_g \frac{d\theta_{in}(t)}{dt}=Q_{ag}+Q_{av}+Q_{as}+Q_{ah}+Q_{av}$$

C_a：空氣之定壓比熱〔Kcal／m³ °K〕

V_g：溫室內空氣體積〔m³〕

3.室內空氣濕度平衡[13][14]

室內空氣濕度平衡可參照圖2所示，亦分為四部份來討論：

I.通風之水蒸氣質量傳遞

$M_1=\rho\ h'_{ven}(t)\ [W_{ou}(t)-W_{in}(t)]A_g$

ρ：表空氣密度〔kg／m³〕

$h'_{ven}(t)$；表單位被覆材料面積之通風量〔m／hr

II.土壤與空氣之水蒸氣質量傳遞

$M_2=K_m\ \zeta_{is}[W_s(\theta_{is})-W_{in}(t)]A_s$

ζ_{is}：表內部土壤水蒸發實驗常數

III.葉子與空氣之水蒸氣質量傳遞

$$M_3=\frac{\rho}{r_l(t)+r_a}[W_s(\theta_p)-W_{in}(t)]2A_p$$

$r_l(t)$：葉內層水蒸氣擴散阻力係數〔hr／m〕

r_a；葉表面蒸發阻力係數〔hr／m〕

IV.被覆材料與空氣之水蒸氣質量傳遞

$M_4=K_m\ \zeta_{ig}[W_{in}(t)-W_s(\theta_{ig})]A_g$

故由I～IV可知室內空氣中水蒸氣質量變化為

$$\rho\ V_g=\frac{dW_{in}(t)}{dt}\ M_1+M_2+M_3-M_4$$

4.植物葉表面之能量平衡[13][14]

植物葉表面之能量平衡可參照圖3所示，分為四部份來討論：

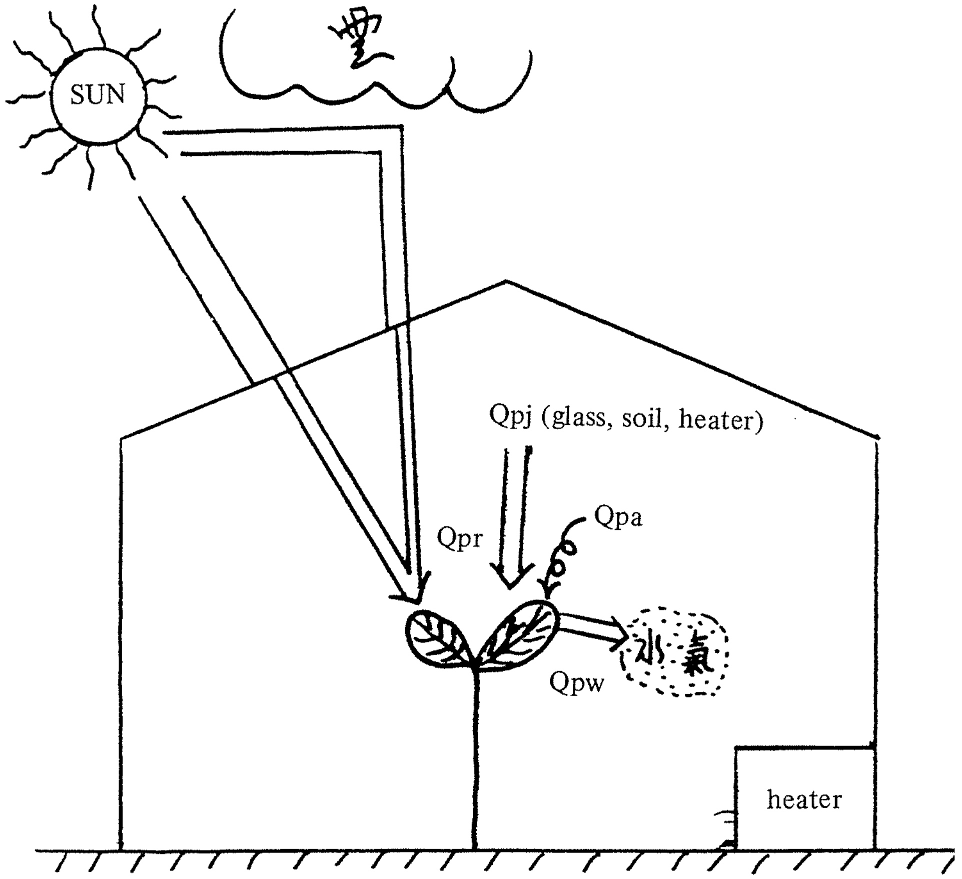


圖3 植物葉表面之能量平衡圖

I、葉表面與空氣之熱流交換

$Q_{pa}=h_{ip}(t)[\theta_{in}(t)-\theta_p(t)]2A_p$

II、葉面所吸收之輻射量

$Q_{pr}=\alpha_p[\tau_g(t)R_{sd}(t)+\tau_s R_{ss}(t)]f_s(t)\ A_p$

α_p：植物之吸收率

$\tau_g(t)$：平均被覆材料有效透過率

τ_s：平均被覆材料透過率

$R_{sd}(t)$：水平面直達日射量

Ⅲ、植物對被覆材料、土壤、加熱器等之輻射熱交換

$$Q_{pj}=\Sigma\ \varepsilon_p\ \varepsilon_j\ \eta_{pj}\ \sigma\ C_{pj}[\ \theta_j(t)-\theta_p(t)\ ]A_p$$

j　　：表被覆材料、加熱器、土壤…等

Ⅳ、植物對空氣之潛熱傳遞

$$Q_{pw}=\frac{\rho\quad\mu}{r_1(t)+r_a}[\ W_s(\theta_p)-W_{in}(t)\ ]2A_p$$

μ　　：水蒸氣之潛熱容量〔Kcal／kg〕

由Ⅰ～Ⅳ可知植物葉表面之能量變化為

$$C_{pl}\ V_p\frac{d\theta_p(t)}{dt}=Q_{pa}+Q_{pr}+Q_{pj}-Q_{pw}$$

5.土壤之熱傳導能量平衡(13)(14)(15)

假設：

Ⅰ、二維之模擬，不考慮縱向（溫室深度）之熱傳

Ⅱ、地表層（$\triangle Y_1$之層）為等溫層，但室內外土溫可不等

Ⅲ、$\triangle Y_5$之下層（即斜線層）為恆溫層

Ⅳ、土溫以Y軸為中心左右對稱分佈

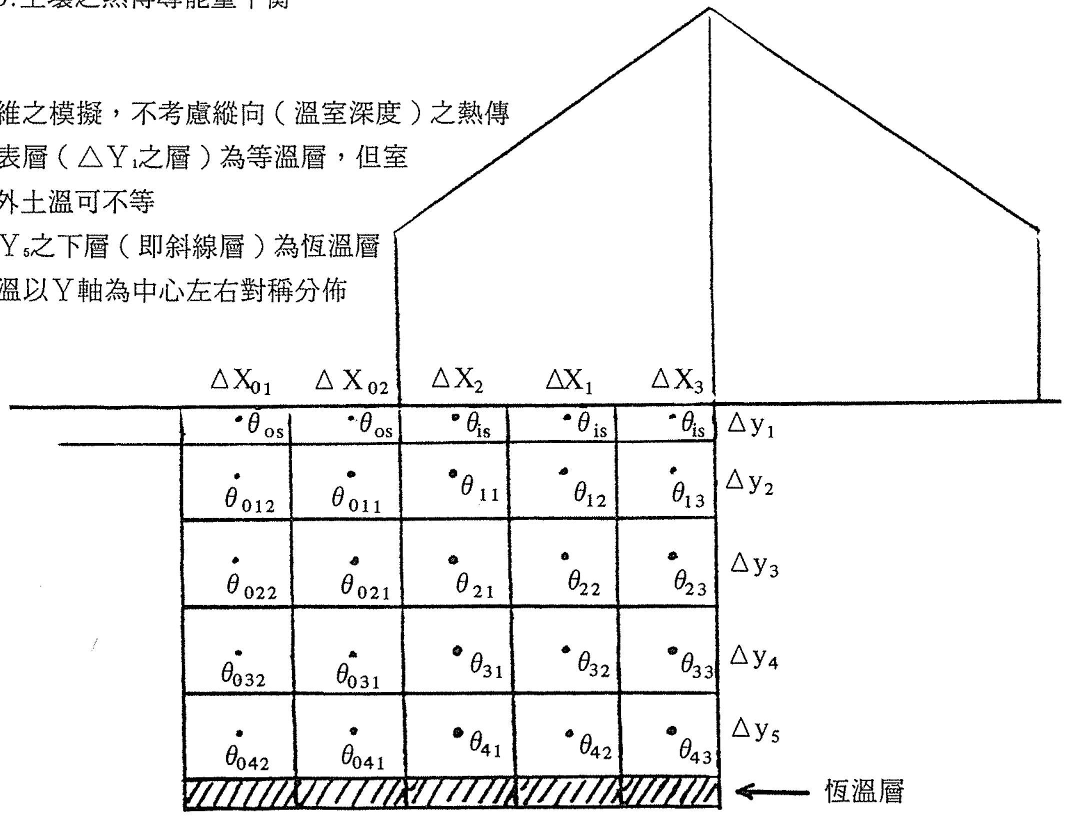


圖4　土壤之能量平衡圖

地表附近之氣溫係受地溫之影響，而地溫係因太陽之輻射熱所產生者，地溫亦為氣象要素之一。地溫依其自地表下之深度而異，惟祇達某一深度後幾乎無任何變化，然此深度依場所或土質而異。由於土壤之溫度為溫室氣象要素之一，故需加以考慮，然土壤之熱傳導牽涉到土壤之結構、組成、傳導方向、吸收率、輻射率…等物理性質，相當複雜，至今仍為土壤學研究者努力之方向，所幸土壤之熱傳與日照輻射之熱量比較起來所佔份量不大，故可簡化模式來模擬之，如圖4將土壤以適當之大小切割分區討論，並有下列幾項假設：

①此模式為二維之熱傳導模式，不考慮縱向（溫室深度方向）之熱傳。

②地表層為等溫層（即圖中$\triangle Y_1$之層），但溫室內與溫室外之地表溫度可不同。

③土壤溫度以Y軸為中心，左右對稱分佈。

④$\triangle Y_6$之下層為恆溫層，終年溫度不變。

有了以上之假設我們即可分區的列出其熱傳方程式，由於區域太多，無法一一列舉，僅列出幾個做為代表，其餘區塊依此類推。

Ⅰ、$\triangle X_5\triangle Y_1$區域之熱傳方程式

$$C_s\triangle X_5\triangle Y_1\ \frac{d\ \theta_{is}(t)}{dt}=$$

$$\{\frac{K_s}{(\triangle Y_1+\triangle Y_2)/2}[\ \theta_{24}+\theta_{25}+\theta_{26}-3\theta_{is}\ ]\triangle X_5/3\}$$

$$+\{\Sigma\ \varepsilon_s\varepsilon_j\ \eta_{sj}\ \sigma\ C_{sj}[\ \theta_j(t)-\theta_{is}(t)\ ]\triangle X_5\}$$

$$+\{h_{is}(t)\ [\ \theta_{in}(t)-\theta_{is}(t)\ ]\triangle X_5\}$$

$$+\{\alpha_s[\ \tau_g(t)\ R_{sd}(t)+\tau_s\ R_{ss}(t)\ ]f_s(t)\ \triangle X_5\}$$

$$-\{\mu\ K_m\ \xi_{is}[\ W_s(\theta_{is})-W_{in}(t)\ ]\triangle X_5\}$$

Cs：土壤之比熱　　　〔$K\ cal/m^3\ {}^\circ K$〕

Ks：土壤之熱傳導係數　〔$Kcal/m\ hr\ {}^\circ K$〕

Ⅱ、$\triangle X_5\triangle Y_3$區域之熱傳方程式

$$C_s\triangle X_5\triangle Y_3\ \frac{d\ \theta_{35}(t)}{dt}=$$

$$\{\frac{K_s}{(\triangle Y_2+\triangle Y_3)/2}\ [\ \theta_{25}(t)-\theta_{35}(t)\ ]\triangle X_5\}$$

$$+\{\frac{K_s}{(\triangle Y_3+\triangle Y_4)/2}\ [\ \theta_{45}(t)-\theta_{35}(t)\ ]\triangle X_5\}$$

$$+\{\frac{K_s}{(\triangle Y_4+\triangle Y_5)/2}\ [\ \theta_{34}(t)-\theta_{35}(t)\ ]\triangle X_3\}$$

$$+\{\frac{K_s}{(\triangle Y_5+\triangle Y_6)/2}\ [\ \theta_{36}(t)-\theta_{35}(t)\ ]\triangle X_3\}$$

Ⅲ、$\triangle X_2\triangle Y_1$區域之熱傳方程式

$$C_s\ \triangle X_2\ \triangle Y_1\ \frac{d\ \theta_{os}(t)}{dt}=$$

$$+\{\frac{K_s}{(\triangle Y_1+\triangle Y_2)/2}[\ \theta_{22}(t)-\theta_{23}(t)-2\theta_{os}(t)\ ]\triangle X_2/2\}$$

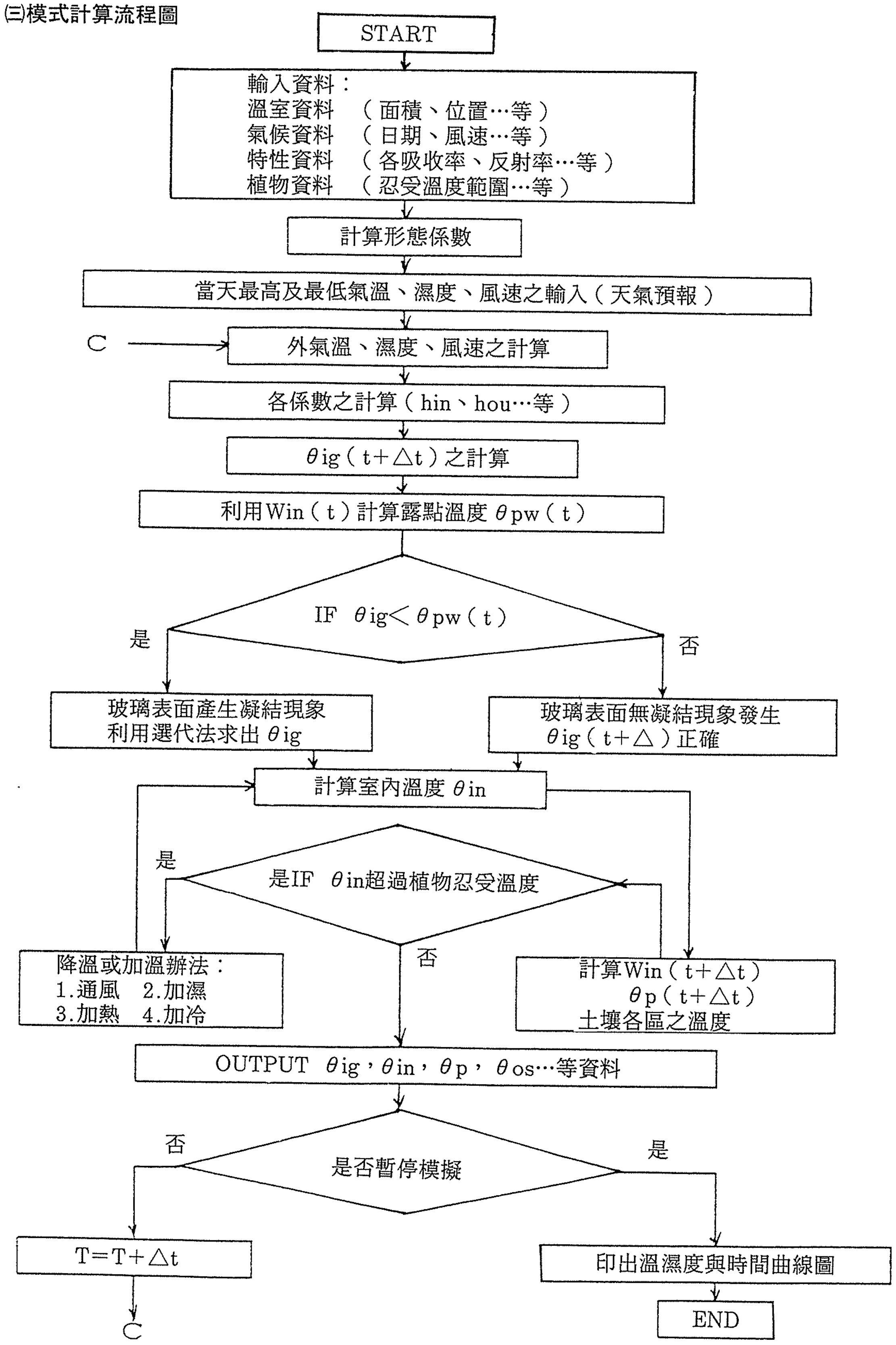
$$-\{\eta_s\ R_{ls}(t)\ \triangle X_2\}+\{\alpha_s[\ R_{sd}(t)+R_{ss}(t)\ ]\}\triangle X_2\}$$

$$+\{h_{os}(t)[\ \theta_{ou}(t)-\theta_{os}(t)\ ]\triangle X_2\}$$

$$-\{\mu\ K_m\ \xi_{os}[\ W_s(\theta_{os})-W_{ou}(t)\ ]\triangle X_2\}$$

以此方式考慮區域之熱傳方程式，共可列出二十多個相關方程式，若區塊分割越細則方程組更多，但所幸交由電腦處理，不致太過麻煩。

㈢模式計算流程圖

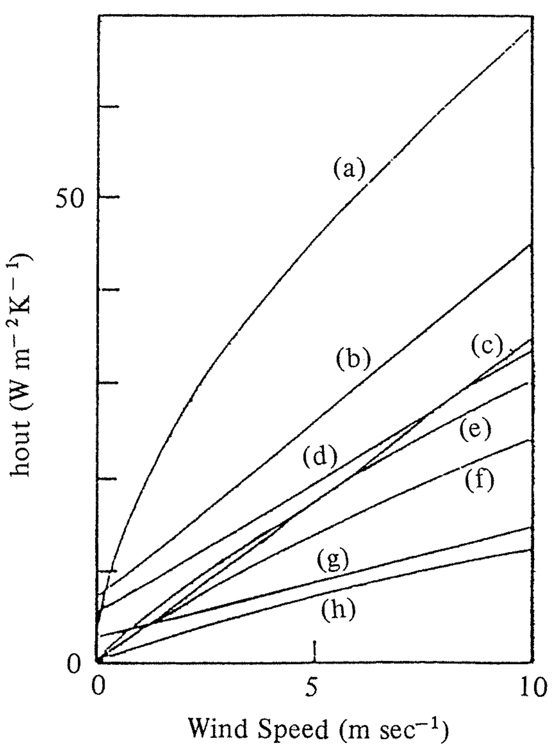


㈣係數之探討

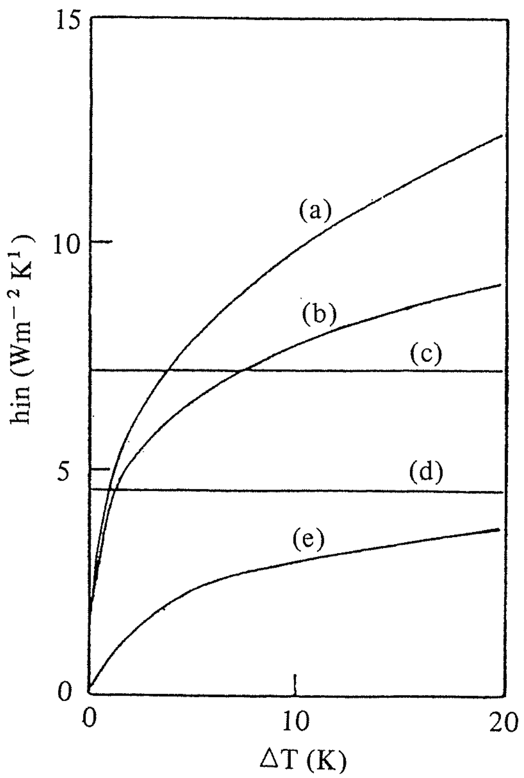
本節所討論之係數係指材料之特性係數，例如被覆材料之反射率、吸收率、透過率或植物的蒸發阻力係數、對流係數等，均有前人研究之文獻可尋，其係數雖因材質不同而異，但同一材質則變化不大，故可引用，分述如下：

1.對流係數

從ACTA Horticultural 174, 1985，"Greemhouse Climate and its Control"，p. 104[3]中可查得被覆材料外表面之對流係數 h ou（t）〔K cal／㎡ hr ℃〕及被覆材料內表面之對流係數 h in（t）〔Kcal／㎡ hr ℃〕



a) $18\,V^{0.576}$
b) $7.2 + 3.8\,V$
c) $3.5\,V$
d) $5.6 + 2.8\,V$
e) $6\,V^{0.8}$
f) $3.85\,V^{0.8}$
g) $2.8 + 1.2V$
h) $1.98\,V^{0.8}$



a) $4.6\,\Delta T^{1/3}$
b) $4.36\,\Delta T^{0.25}$
c) 7.2　d) 4.6
e) $1.38\,\Delta T^{1/3}$

由圖中可發現內外表面之對流係數經驗公式相當多，且差異很大，但有一點可確認，即外表面之對流係與風速有較直接之關係，而內表面由於溫室內風速較不明顯，其對流大部份靠溫度差來排除，故其公式大多與△T成正比。

2.吸收率

⑴被覆材料之吸收率αg，由於溫室之被覆材料隨著用途及科技而變，種類相當多，故現以玻璃為例，可從"太陽能之應用及理論"[7]中p.126普通玻璃大約6.8～11.0%左右，若

中等玻璃約4.9～7.0%左右。

(2)植物吸收率 αp，從 "Environmental Control for Agricultural Buildings" [12] 中 p 153查得 αg約0.68～0.97，依種類而定。

(3)土壤吸收率 αs，從 "Environmental Control for Agricultural Buildings" [12] 中 p 153查得 αs約0.55～0.93，依種類而定。

3.射出率

被覆材料之射出率 εg，植物之射出率 εp及土壤之射出率 εs亦可兩儀 "Environmental Control for Agricultural Buildings" [12] 中 p 153查得，以玻璃為例：

εg 約0.90～0.95

εp 約0.90～0.98

εs 約0.44～0.98

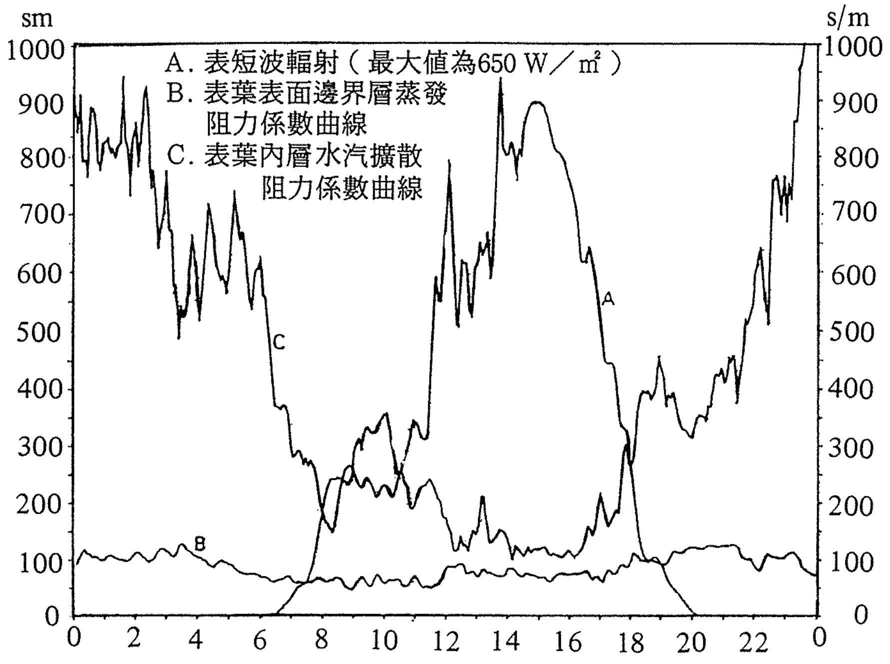
4.反射率

土壤之反射r os及土壤和植物之反射率r isp，從 "太陽能之應用及理論" p 55[5] 中可查得

沙　漠	0.24～0.28	乾裸地	0.1 ～0.2
濕裸地	0.08～0.09	乾草地	0.15～0.25
濕草地	0.14～0.26	乾　砂	0.18
濕　砂	0.09		

5.蒸發及擴散阻力係數

葉表面邊界層蒸發阻力係數r a及葉內層水蒸氣擴阻力係數r l (t)，從 ACTA Horticultrual 174，1985， "Greenhouse Climate and its Control" ， p 95[3] 中可查得r a＋r l (t) 約0.132〔 hr／m 〕其時間變化曲線圖如下：



6.水蒸發潛熱

水蒸發潛熱 μ 從 "環境工學入門" [16] p. 131可知

$\mu=597-0.58\,\theta$ 〔Kcal／kg〕

θ：蒸發面溫度〔℃〕

7.(1)被覆材料之熱傳導係數kg，從 "太陽能之應用及理論" [7] p. 589中可查得，以玻璃為例 kg約0.68〔Kcal／m hr ℃〕

(2)水蒸氣質量傳遞係數km，從 "被覆栽培の環境調節" [17] p. 118中可查得

Km＝〔kg／m² hr〕為

Km＝h in (t)／Ca　　強制對流時

Km＝h in (t)／0.93 Ca　　自然對流時

其中 Ca＝C pa＋C pw x

C pa：乾燥空氣之比熱，約0.24

C pw：濕空氣之比熱，約0.441

x：絕對濕度，常溫時 x 約0.03

推得→C a 約0.25

8.(1)被覆材料單位面積之通風量h′ ven (t)〔M／hr〕，由定義推得

$$h'\,ven(t)=\frac{Vg\,N(t)}{Ag}$$

N (t)：換氣回數〔回數／hr〕

(2)通風之對流係數 h ven (t)〔Kcal／m² hr ℃〕，

$$h\,ven(t)=Ca\,\frac{Vg\,N(t)}{Ag}$$

C a 約0.25

(1)(2)中之換氣回數，從 "被覆栽培の環境調節" p. 115[17] 中可查得

N (t)＝19.4＋ 3.6 V　　全開窗

N (t)＝ 9.7＋ 1.3 V　　半開窗

N (t)＝2.37＋0.51 V　　不開窗

V＝表風速

9.比熱

(1)土壤之比熱C s〔Kcal／M℃〕，從 "被覆栽培の環境調節" p. 52[17] 中，依土壤種類之不同而異，其值大約在400～700之間。

(2)植物之比熱C pl〔Kcal／M ℃〕，從 "農業氣象" Vol 43 (2)，1987" [18] p. 115中可查得

$$C\,pl=\frac{a\times M}{LA\times LT}\times 10^3$$

其中

a＝(0.008W＋0.02)　　〔Kcal／g ℃〕

M ：葉重 〔 g 〕

LA ：葉面積 〔 cm^2 〕

LT：葉厚 〔 cm 〕

W：葉之含水量〔 % 〕

10.飽和比濕度Ws（ θ ）〔 kg／kg′ 〕，從"ASAE 1971" p 969[13]中可查得

$$Ws(\theta)=0.622 \frac{P(\theta)}{P-P(\theta)}$$

其中

$P(\theta)=1E\beta$

$\beta=-7.90298(Ts/T-1)+5.02808 Log(TS/T)$

$-1.3816 E-7 * \{1E[11.344(1-T/Ts)]-1\}$

$Ts=373.16°K$

$T=\theta+273.16°K$

P：大氣壓〔 atm 〕

11.遮蔽係數fs（ t ）

遮蔽係數乃日照引起骨架之遮影面積率，由於骨架之投影隨太陽位置即時間而變，相當複雜，不易計算故在此將其改為定數其計算式如下：

$$fs(t)=1-\frac{骨材面積}{覆蓋物總面積}$$

12.透過率[13][14]

(1)被覆材料直接日照面之平均透過率 τd（ t ），其值隨時間即太陽位置而異，其計算式如下：

$\tau d(t)=\{\Sigma Agj\ \tau g(\Psi j)\}/Ag$

其中

$\tau g(\Psi)=(1-Z)^2 b/(1-Z^2 b^2)$

$b=EXP(-0.45\ lg')$

$lg'=lg/\{[1-Sin^2\Psi]/n^2\}^{1/2}$

n ：以玻璃為例，約1.526

Ψj：為被覆材料對太陽之傾斜角

lg ：為被覆材料厚度

(2)被覆材料平均有效透過 τg（ t ），此處之透過率是指光照透過被覆材料而能照射在溫室內土壤之透過率故加個"有效"二字，且其"平均"是對土壤面積之平均，其計算式為

$\tau g(t)=\{\Sigma Asj\ \tau g(\Psi j)\}/As$

As ：表土壤面積

Asj：表第 j 塊被覆材料投射在溫室內土壤所佔之面積

(3)被覆材料平均透過率 τs，此透過率是指不論日照面與否，只與材質有關之透過率，同樣地，被覆材料種類相當多，若以玻璃為例，根據"ASAE 1971" p 969～970可查得約0.7～0.9之間。

13.日照比率[13][14]

(1)被覆材料直接日照之比率 λ（ t ），依定義知 λ（ t ）為受日照面面積和除以被覆材料總面積，同理此值亦隨時間即太陽位置而變，其計算式如下：

$\lambda(t)=\{\Sigma Agj\}/Ag$ 當 $\Psi j>0$

(2)被覆材料內表面受間接日射之比率 δ（ t ），所謂間接日射面即陽光經由土壤反射或穿透直接日照面而照在被覆材料內表面者，而此面積與總面積之比率即 δ（ t ），其算式如下：

$\delta(t)=\{\Sigma Agj\}/Ag$ 當 $\Psi j<0$

14.長波輻射量

(1)被覆材料對天空之長波淨輻射量Rlg（ t ）〔 Kcal／m^2 hr 〕，從"環境工學入門"[16] p.136可查得

$Rlg(t)=[\varepsilon g\sigma\ Tog^4(t)]-[\varepsilon g\ f(Pw)\ \sigma\ Tou^4(t)]$ 其中

$f(Pw)=(0.51+0.076\ P^{1/2})(1-CN)+CN$[19]

P ：外氣水蒸氣壓（ mmHg ）

C ：雲之種類，此為0～1之經驗值大略為0.8左右

N ：雲量亦為0～1之經驗值

(2)土壤對大氣之長波淨輻射量Rls（ t ）〔 Kcal／m^2 hr 〕同理

$Rls(t)=[\varepsilon s\ \sigma\ Tos^4(t)]-[\varepsilon s\ f(Pw)\ \sigma\ Tou^4(t)]$

15.直達日照量及漫射量

(1)水平直達日射量Rsd（ t ）〔 Kcal／m^2 hr 〕，從"空氣調合計算法"p.50～60[11]中可得其計算式如下：

$Rsd(t)=J_0 P**(csc\ h)/r^2$

其中

J_0：太陽常數約1164〔 Kcal／m^2 〕

P ：大氣透過率，在四.(三).3節中討論過

h ：太陽高度

r ：地球與太陽間之平均動徑，其值約為 1 左右

(2)漫射量Rss（ t ）〔 Kcal／m^2 hr 〕，亦從"空氣調合計算法"[11] p.50～60中可知其計算式為

$$Rss(t)=\frac{1}{2}J_0\ Sin\ h\left\{\frac{1-P**(csc\ h)}{1-1.4\ Ln(P)}\right\}$$

六、數理資料分析

本節所要討論的是本模擬所用的一些數值方法，由於數值方法相當多，在選擇上考慮到本模擬程式之用途是作為預測之用，故在電腦運算上不希望耗費太久，而選擇較簡便而精度可控制之數值方法，以達快速模擬之成效。

(一)最小二乘法原理的推廣應用

在前面已談及我們放棄了 Fourier Series 及 Euler Formula 而改用多項式迴歸來求外氣溫、濕度係數曲線多項式，此迴歸理論主要根據最小二乘法之原理，主動方追加運算，求得最小誤差後，停止運算，而得其多項式，其推導如下：

$$Y = f(X) = a_0 + a_1 X + a_2 X^2 + \dots\dots + a_n X^n$$

$$\Longrightarrow$$

$$\begin{aligned}
\Sigma Y_i &= a_0 \Sigma 1 + a_1 \Sigma X_i + a_2 \Sigma X_i^2 + \dots\dots + a_n \Sigma X_i^n \\
\Sigma X_i Y_i &= a_0 \Sigma X_i + a_1 \Sigma X_i^2 + a_2 \Sigma X_i^3 + \dots\dots + a_n \Sigma X_i^{n+1} \\
\Sigma X_i^2 Y_i &= a_0 \Sigma X_i^2 + a_1 \Sigma X_i^3 + a_2 \Sigma X_i^4 + \dots\dots + a_n \Sigma X_i^{n+2} \\
\Sigma X_i^3 Y_i &= a_0 \Sigma X_i^3 + a_1 \Sigma X_i^4 + a_2 \Sigma X_i^5 + \dots\dots + a_n \Sigma X_i^{n+3} \\
&\vdots \\
\Sigma X_i^n Y_i &= a_0 X_i^n + a_1 \Sigma X_i^{n+1} + a_2 \Sigma X_1^{n+2} + \dots\dots + a_n \Sigma X_i^{2n}
\end{aligned}$$

$$(\Sigma Y_i \quad \Sigma X_i Y_i \quad \Sigma X_i^2 Y_i \quad \Sigma X_i^3 Y_i \dots\dots \Sigma X_i^n Y_i) =$$

$$(a_0 \ a_1 \ a_2 \dots\dots a_n) \begin{bmatrix}
\Sigma 1 & \Sigma X_i & \Sigma X_i^2 & \dots\dots \Sigma X_i^n \\
\Sigma X_i & \Sigma X_i^2 & \Sigma X_i^3 & \dots\dots \Sigma X_i^{n+1} \\
\Sigma X_i^2 & \Sigma X_i^3 & \Sigma X_i^4 & \dots\dots \Sigma X_i^{n+2} \\
\Sigma X_i^3 & \Sigma X_i^4 & \Sigma X_i^5 & \dots\dots \Sigma X_i^{n+3} \\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
\Sigma X_i^n & \Sigma X_i^{n+1} & \Sigma X_i^{n+2} & \dots\dots \Sigma X_i^{2n}
\end{bmatrix}$$

$$[A] \ [X] = [Y]$$

$$[A] = [Y] \ [X]^{-1}$$

故〔A〕=（a_0，a_1，a_2，……a_n）矩陣可求得，至於 n 到第幾項最適合，其關鍵在於其誤差值大小，可由電腦運算其值，如（n+1）項之誤差值大於第n項，表示自第（n+1）項後可能發散，取n項即可。

由於此為迴歸方程式並非真正之公式，故初始比較發現在0時及24時之值有跳階（jump）現象發生，無法連續，為了克服此現象在0時前多加了23時之值，及在24時前多加了 1 時的資料，來消除 jump 現象，最後所得之迴歸公式較平滑且連續。

(二)迭代法之應用

在模擬時如覆蓋有結露現象產生，則須利用迭代法，求出覆蓋物之溫度，其原理如下：

$f(X) = ax^n + bx^{n-1} \dots + c = 0$

令 $X = g(X)$ 若 $f(r) = 0$ 則 $r = g(r)$

故令有一起始值 X_0 代入 $g(X)$ 可求出 X_1 代入 $g(X)$ 求出 X_2 值，依此循環直到 X_{n+1} 與 Xn 誤差在容許範圍之內即可，此即迭代法。

若定義 $\quad \triangle X_i = X_{i+1} - X_i$

則 $\quad \triangle^2 X_i = \triangle(\triangle X_i) = \triangle(X_{i+1} - X_i) = X_{i+2} - 2X_{i+1} + X_i$

採用 Aitken 加速收斂法

$$r = X_n - \frac{(\triangle X_n)^2}{\triangle^2 X_n} = \frac{X_n X_{n+2} - X_{n+1}^2}{X_{n+2} - 2X_{n+1} + X_n}$$

故只需先迭代出三個值 Xn，X_{n+1}，X_{n+2}，再以此三數代入上式，求出較正確之 r 值，即可加快其收斂速度。

(三)Runge－Kutta－Gill方法之應用

Runge－Kutta－Gill方法[20]為解聯立常微分方程式的利器，其優點在收斂快，記憶容量小，節省不少運算空間。其公式如下：

$$Y_{n+1} = Y_n + [K_1 + (2 - \sqrt{2}) K_2 + (2 + \sqrt{2}) K_3 + K_4] / 6$$

其中

$$\begin{aligned}
K_1 &= hf(X_n, Y_n) \\
K_2 &= hf(X_n + 0.5h, Y_n + 0.5h) \\
K_3 &= hf(X_n + 0.5h, Y_n + [(\sqrt{2} - 1)/2] K_1 + [(\sqrt{2} - 1)/\sqrt{2}] K_2 \\
K_4 &= hf(X_n + h, Y_n - (\sqrt{2}/2) K_2 + [(\sqrt{2} + 1)/\sqrt{2}] K_3
\end{aligned}$$

若令

$$\begin{aligned}
a_1 &= K_1 \\
a_2 &= (-2 + 3/\sqrt{2}) K_1 + (2 - \sqrt{2}) K_2 \\
a_3 &= -0.5 K_1 - (1 + \sqrt{2}) K_2 + (2 + \sqrt{2}) K_3
\end{aligned}$$

則若已知 Xn，Yn，h值時 Y_{n+1} 為

步驟 1：

$$\begin{aligned}
K_1 &= hf(X_n, Y_n) \\
Y_{n+1}^{(1)} &= Y_n + 0.5 K_1 \\
a_1 &= K_1
\end{aligned}$$

步驟 2：

$$\begin{aligned}
K_2 &= hf(X_n + 0.5h, Y_{n+1}^{(1)}) \\
Y_{n+1}^{(2)} &= Y_{n+1}^{(1)} + (1 - \sqrt{2}/2)(K_2 - a_1) \\
a_2 &= (-2 + 3/\sqrt{2}) a_1 + (2 - \sqrt{2}) K_2
\end{aligned}$$

步驟 3：

$$K_3 = hf(X_n + 0.5h, Y_{n+1}^{(2)})$$
$$Y_{n+1}^{(3)} = Y_{n+1}^{(2)} + (1+\sqrt{2}/2)(K_3 - a_2)$$
$$a_3 = -(2+3/\sqrt{2})a_2 + (2+\sqrt{2})K_3$$

步驟 4：

$$K_4 = hf(X_n + h, Y_{n+1}^{(3)})$$
$$Y_{n+1}^{(4)} = Y_{n+1}^{(3)} - (1/3)a_3 + (1/6)K_4$$

由步驟 4，所求得之 $Y_{n+1}^{(4)}$ 即為所求之值，此法所以較為人所使用，其原因在於每一步驟均以新求之 Y_{n+1} 值代入運算，使誤差縮小，收斂速度加快。

㈣電算求形態係數之方法

在本模擬程式中，長波輻射量之計算，形態係數是一重要角色，且一般溫室形狀，又不是矩形盒狀，如用查表方式推求，不但費時，遇到兩面間不平行或垂直時，必束手無策，筆算更不用講了，故我們採用了最基本的原始方法，從其基本公式

$$\Phi_{12} = \frac{1}{S_2}\int_{S_1}\int_{S_2}\frac{\cos B_1 \cos B_2}{\pi r^2} dS_2\, dS_1$$

著手，採用辛蒲生三分之一法則（Simpson method），重複來解。其法則公式如下：

$$\int_a^b f(X)\,dx = \frac{h}{3}[f_1 + 4f_2 + 2f_3 + 4f_4 + \ldots + 2f_{n-1} + 4f_n + f_{n+1}] - \frac{(b-a)}{90}h^4 f^{iv}(\xi) \qquad X_1 < \xi < X_{n+1}$$

此法雖古老卻非常簡便。同理亦可用梯形法則，及其它方法也可以解得，採用 Simpson method 之原因，在其精確度較高，運算過程快，唯一缺點是兩輻射面都為矩形面，所以遇到非矩形面時，必須先分割為矩形面，再合計每面之形態係數。

七、結果與討論

㈠尚待驗證的結果

本次研究至目前為止，已將程式繕寫完畢，亦已上機除錯完成，然在模擬時一切初始值之輸入，均為經驗值亦即假定值，其模擬之結果只能依觀念來判斷其合理性，而無實測值可比較其準確性，而且此假定經驗值可能較不正確或較不適合於台灣氣候，尤其在地溫方面更需要正確之初始值，有慮於此，本人擬安排一次現場實測資料之蒐集，以實測之初始值輸入程式中模擬，以其模擬結果與實測值進行比對，進一步的修改模式，在此僅將模擬過程中及現階段之模擬結果概略討論之。

1.在模擬過程中，為了解諸因子對溫度之影響程度（亦可稱為權重），我們試圖改變變因，發現植物及土壤對光線之吸收率大大影響了植物及土壤本身之溫度，只要增加其吸收率0.1，就可使植物及土壤溫度增加5～10度，此比率相當驚人，亦說明了吸收率之重要性。

2.同理土壤乾度實驗常數，也影響了濕度變化，只要由0.05增加至0.1，則濕度變化頗巨，故土壤乾度實驗常數最好以實驗值為準。

3.模擬後之結果顯示，發現在不加溫之溫室內，晚上午夜過後其溫室內溫度反而比外界氣溫低。其原因乃密閉之溫室在午夜後無日照之能量來源，反之不斷地向天空放出長波輻射熱量又無法由室外獲得能量補充，故室內溫度下降較室外為低，且此現象在小面積之溫室尤著。故在冬天不加溫之溫室晚上將其打開"凍死"植物之機會將較密閉之溫室為少。田間作物防寒措施就不該以塑膠袋全面覆蓋，而應使用稻草，或以有穿孔之塑膠布覆蓋。

一般而言，本次模擬所得之結果，依觀念判斷還相當合理，但仍望能以實測結果相比較，將可提高此模式之可信度，且亦較為有力。

㈡意見與建議

如能在植物生理資料方面有更充實的資料，則可加入生長速度之估計及二氧化碳濃度平衡的計算；另外在雲量對日射量之影響方面有關資料太少，而且雲之種類、厚度、寬度分佈狀況、形狀，要十分正確的估計，幾乎不可能，所以在本模式中，把雲量（CC）值對直射日射量之影響定在CC／10亦即若CC值為10則無直接日射，若CC值為0，則為大晴天，有完全日射，而在水平面漫射量則以下式來決定：

水平面漫射量＝晴天水平面漫射量＋16.737×CC× α ／90°

α：表太陽高度角

以上兩者均是從有關太陽能理論一書中，推敲而來，正確性乃需驗證探討，亦希望研究大氣科學的學者，能提出更正確的公式，來改正此一計算方式。本系統程式要被修改之處仍相當多，因限所學，許多缺點尚未覺查者望高明之不吝指正。

參考文獻

1. 設施園藝研討會專集 1987 P185～193，P125～143。
2. 陳寶玉譯 1986 溫室管理 五洲 P17～53，P135～230。
3. Acta Horticulturae 174, 1985. "Greenhouse Climate and Its Control", P21–35, P87–105, P393–401.
4. 公曉嵐、黃銘山譯 1987 熱力學 乾泰圖書 P31～P87。
5. 楊春欽、毛迪譯 1985 熱傳遞學 科技 P2～422，P495～513。
6. 蘇金佳譯 1982 太陽能工程原理（上冊） 科技 P34～187。
7. 黃文雄 1978 太陽能之應用及理論 協志工業叢書 P19～118，P126，P589。
8. 王錦堂 1977 建築應用物理學 台隆書店 P183～197，P265～366，P401～408。
9. 蓑輪雅好 1986 香川大學農學部紀要第47號"開放型畜舍の放射熱環境に關す.る研究" P31～53，P75～92。
10. 于若石 1979 畜舍內溫度與濕度控制設計模式之研究 台大農工所碩士論文 P13～49。
11. 宇田川 光弘 1986 空氣調和計算法 オーム社 P26～159。
12. Esmay, M. L. and J. E. Dixon. 1986 "Environmental Control for Agricultural Build-

ings", AVI, P 1–285.
13. Takakura, T. K. A. Jordan and L. L. Boyd. 1971 Dynamic Simulation of Plant Growth and Environment in the Greenhouse. Trans. of the ASAE, P 964–971.
14. D. P. Froehlich, L. D. Albright, N. R. Scott, P. Chandra. 1979 Steady-Periodic Analysis of Glasshouse Thermal Environment. Trans. of the ASAE, P 387–398.
15. 郭魁士　1985　土壤學　中國書局　P409～571。
16. 蔵田憲次、岡田益己　1984　環境工學入門　株式會社サイエンスハウス　P1～149。
17. 小蒼祐幸　1985　被覆栽培の環境調節　農林統計協會　P38～54，P113～118。
18. 農業氣象Vol 43（2）　1987　p113～120。
19. 賴鵬程　74年　太陽能系統分析與設計　全華科技圖書　P1～43，P307～323。
20. Gerald, C. F. and P. O. Wheatley. 1985 "Applied Numerical Analysis", P 337–343, P 247–326, P 580–629.

附錄 1　　符號說明

A g	：被覆材料表面積〔m^2〕
A h	：加熱器之表面積
A p	：葉子表面積
A s	：土壤之表面積
A sj	：表第j塊被覆材料投射在溫室內土壤所佔之面積
C a	：空氣之定壓比熱，約0.25〔Kcal／m^3 °K〕
C gj	：被覆材料對j物體之溫度積〔°K^3〕
C pa	：乾燥空氣之比熱，約0.24
C pl	：植物之比熱〔Kcal／m^3 °K〕
C pw	：濕空氣之比熱，約0.441
C s	：土壤之比熱〔Kcal／m^3 °K〕
E	：均時差
f s（t）	：遮蔽係數
h	：太陽高度
h ih（t）	：加熱器之對流係數〔kcal／m^2 hr ℃〕
h in（t）	：被覆材料內表面之對流係數〔Kcal／m^2 hr ℃〕
h is（t）	：室內土壤之對流係數〔Kcal／m^2 hr ℃〕
h ou（t）	：材料外表面之對流係數〔Kcal／m^2 hr ℃〕
h ven（t）	：表單位被覆材料面積之通風量〔m／hr〕
j	：表被覆材料、植物、土壤、加熱器…等
J o	：太陽常數約1164〔Kcal／m^2〕
K g	：被覆材料之熱傳導係數〔Kcal／m hr ℃〕
K m	：水蒸氣質量傳導係數〔kg／m^2 hr〕
K s	：土壤之熱傳導係數〔Kcal／m hr °K〕
L	：經度（東經為正，西經為負）
L g	：被覆材料之厚度〔m〕
L s	：標準子午線經度（東經為正，西經為負）
r	：地球與太陽間之平均動徑，其值約為1左右
r a	：葉表面蒸發阻力係數〔hr／m〕
r isp	：溫室內地表之反射率
r l（t）	：葉內層水蒸氣擴散阻力係數〔hr／m〕
r os	：土壤之反射率
R dd（t）	：直接日射量
R lg（t）	：被覆材料外表面之長波淨輻射量
R sd（t）	：水平面直達日射量
R ss（t）	：漫射量
t	：表時角，真太陽時之正午為0°，午前為負，午後為正，一小時15°之分割
t a	：真太陽時
t s	：標準時
μ	：水蒸氣蒸發或凝結之潛熱容量〔Kcal／kg〕
V g	：溫室內空氣體積〔m^3〕
V p	：植物之體積
W in（t）	：室內空氣之比濕度
W s（θig）	：飽和比濕度
X	：絕對濕度，常溫時X約0.03
αg	：被覆材料之吸收率
αp	：植物之吸收率
τd（t）	：平均被覆材料透過率（受日照面）
τg（t）	：平均被覆材料有效透過率
τm	：大氣透過率
τs	：平均被覆材料透過率
εg	：被覆材料之射出率
εj	：j物體之射出率
σ	：波茲曼常數（Stefan-Boltzmann Coef.）約4.88 E-8〔Kcal／m^2 hr °K^4〕
ρ	：表空氣密度〔kg／m^3〕
δ	：表太陽赤緯，春分、秋分$\delta=0°$，春至$\delta=23°\ 27'$，冬至$\delta=-23°\ 27'$
δ（t）	：被覆材料內表面直接日照之比率
Ψ	：表緯度，北半球$\Psi>0$，南半球$\Psi<0$
Ψj	：為被覆材料對太陽之傾斜角
θog（t）	：被覆材料外表面溫度
θou（t）	：外氣溫

$\lambda(t)$ ：材料外表面直接日照之比率

ηis ：內部土壤對被覆材料內表面之形態係數

ηg ：被覆材料對天空之形態係數

ηgj ：被覆材料對j物體之形態係數

ηss ：土壤對被覆材料之形態係數

ζig ：凝結實驗常數（此以被覆材料為標準定為1）

ζis ：表內部土壤水蒸發實驗常數

討　　論

高德錚（台中區農業改良場）問：

模擬程式是否符合於現行台灣實際溫室內的微氣候？

邱文山（台灣大學農工系）答：

此模式到目前為止尚未與溫室做實測比對，僅探討對其合理性。

陳加忠（農試所農機系）問：

此模擬中大氣之溫度、濕度是採用美國ASHRAE（1977年）之標準，美國大陸型氣候十分穩定，而台灣海島型地形氣候多變，此ASHRAE標準是否適用？模擬理論需要實測數據加以檢驗，才能判別其正確，請問實測值與模擬結果理論值之間如何判別其符合性？即兩者差異之容忍誤差為何？

王鼎盛（台灣大學農工系）答：

此控制模式在模擬情況下完成，實際情形尚需比對探討。

THE MATHEMATICAL MODEL OF TEMPERATURE AND HUMIDITY CONTROL FOR GREENHOUSES

Tin-sen Wang and Wen-shan Chiu

Associate Professor, Graduate student, Department of Agricultural Engineering, National Taiwan University.

ABSTRACT

The factors influence the environment of greenhouse include weather and non-weather factors. The most important factors affect the growing of the plants are temperature and humidity. The purpose of this research is the established a mathematical model of temperature and humidity control for the greenhouses. The model is based on the theory of steady state heat transfer and mass conservation Department In addition, the mathematical model referenced the evapotranspiration of plants and constructed a numerical scheme to evaluate and manage the temperature and humidity. The outgoing of simulations are adopted from the experimental studies with different types greenhouses in Taiwan. Consequently, the results will provide the most economical and suitable ventilation, heating, and cooling.

The characterization of this model are combined the weather bureau report and mathematical simulation, but not depends the instant data by means of sensor response. The main feature of this model is prediction the short time temperature and humidity fluctuation.

In addition, the model will be not only prediction of humidity and temperature, but also provide a guideline of ventilation, heating and cooling systems for the greenhouses. The numerical program has been written in FORTRAN language in order to be used widely.

溫室降溫設施與控制

吳 中 興*

台灣大學農業機械工程學系

摘 要

在艷陽高照的夏日，美侖美奐的溫室，默默的承受著極為沈重之熱負荷，亟待吾人進行降溫之工作，以利溫室內作物之成長。此時啟動適當遮光率遮陰設施，及其相關的自動控制系統，可防止過多的輻射能量殘留在溫室內。當降溫工作成為必要時，視溫室內部熱負荷之大小，設計時依建造經費及作物生產成本及生理特性，酌情考慮並採用自然通風系統，機械通風系統，水牆冷卻設施及霧液冷卻法，以正確地控制溫室內部之溫度、濕度、照度及二氧化碳含量。本文一一簡介這些方法及其設計與規劃工作，並說明相關系統之通風口設計，正確風扇的選用，通風系統之日常保養及維護，以期能為溫室內作物創造一合適的生長環境。

一、前 言

本省位處亞熱帶，夏日氣候炎熱潮濕，而且又是颱風季節，溫室所面臨的難題，與歐美日本等溫帶或寒帶地區相比較，有些許不同。因此國外的溫室系統及其內部設施，有部份不適合本省使用，尚有待國人自行研究開發。目前現有的溫室設施運作，以及與日後計劃興建之溫室有關的設計工作，所面臨的困難之一，便是如何以較廉價的系統，最簡易的日常保養與維修，以及較為低廉的運轉費用，來排除夏季溫室內多餘的熱負荷。

溫室使用遮陰設施，通風系統以及各種冷卻方法，在國外均已廣泛使用，且行之多年，但在國內尚在起步階段，有待國人進行本土化研究工作，以加速完成農業現代化及精緻化之腳步。

(一)溫室之自動化遮光設施

近年來，為配合農業現代化之政策，國內各種由簡易至複雜之溫室均已興建。在艷陽高照的夏天，溫室內之溫度遠高於作物之生長標準，而且對於某些陰性植物而言，太陽輻射能量若超過其所能忍受的標準，將發生枯萎或葉燒的現象。

為了有效抑制溫室內氣溫及降低艷陽下之照度，並減少除熱時之熱負荷，須加裝遮光設施。常見的溫室遮光方式有下列四種：

* 國立台灣大學農業機械工程學系教授

a. 夏天將遮光劑噴在溫室玻璃外面，到冬天來臨時，用清潔劑將遮光劑洗掉。這種方法適合於天氣陰晴穩定地區，在美國常被採用。

b. 在溫室屋頂加裝木板或鋁條，以達遮光的效果。通常這種裝置每隔一段時間遮住太陽直射光，另一段時間再讓太陽直射光透過，其遮光效果成週期性。

c. 在溫室裡或溫室上方裝設遮光網，常用的遮光網之遮光率有40%、50%、60%、70%、80%及90%六種，以達不同之遮光效果。

d. 溫室頂端採用透光率小於1.0之建材，如玻璃、玻璃纖維、PVC或PE等被覆材料。

衡諸國內之氣候環境，以上四種方法，以裝設遮光網最為可行，然而遮光網之裝設，亦面臨機械化及自動化之問題亟待解決，以節省人工，並落實溫室興建之預期功能。

1. 遮光設施機械化之設計

遮光設施設計時，須考慮並計算骨架及各元件所採用材料之強度，及所須之驅動馬力。例如由當地之風力大小及遮光機構驅動時之摩擦阻力，來決定馬達之馬力小大，傳動軸選用時，須注意其強度及剛性等問題。

本遮光設施裝置在台大園藝系花卉研究室前之溫室上方，其遮光機構總組合如圖 1、2 及 3 所示，頂部結構由 8 枝槽型輕鋼架構成，並由20根不銹鋼管支撐遮光網之重量。

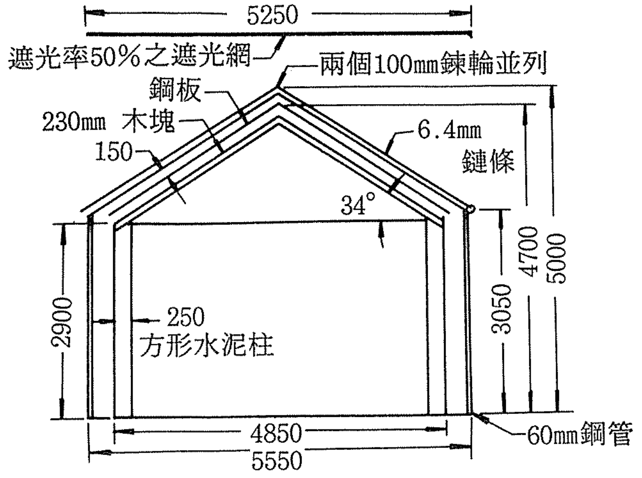


圖 1 遮光機構前視圖

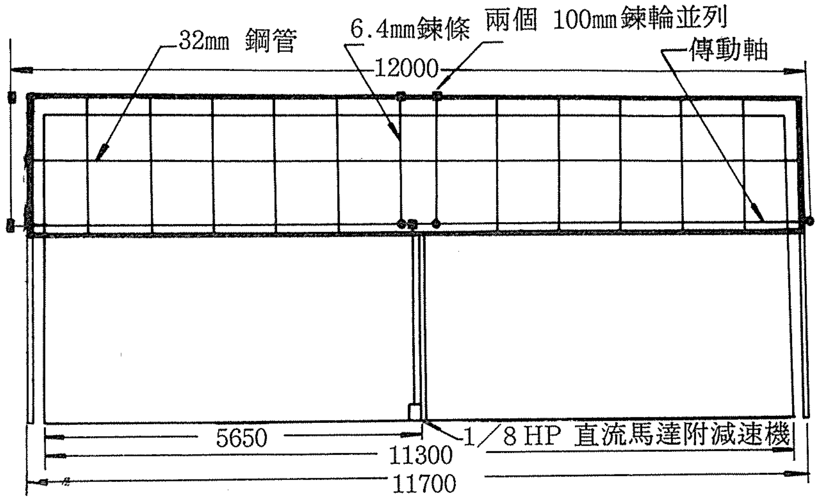


圖 2 遮光機構側視圖

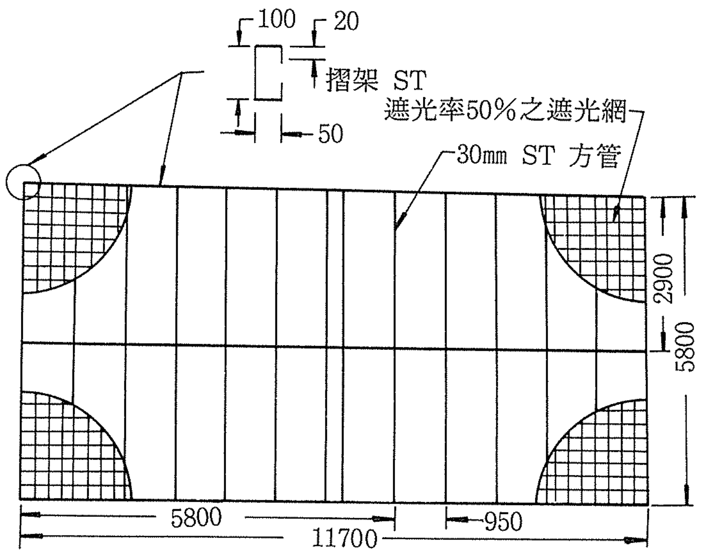


圖 3　遮光機構上視圖

遮光機構主要元件及其驅動流程如圖 4 所示。選用一個1／8馬力直流馬達為動力源，帶動減速比為1：1255之渦輪減速機，再帶動傳動軸。傳動軸與渦輪減速機之間以鏈條連結器鏈接。藉著傳動軸之動力帶動傳動軸兩邊之鏈輪轉動。由於本機構係加裝在一山型溫室上方，為使遮光網運動方便起見，將遮光網沿著溫室屋脊分為左右兩半，而將傳動機構放置在溫室頂端之屋脊部分，以利左右兩邊之動力傳動。溫室屋頂對應傳動裝置的另外兩個邊端，亦安裝兩組鏈輪，每組鏈輪上套裝適用的鏈條，以做為傳動之用，帶動遮光網的鋼管則固定於鏈條的一個鏈節上，當馬達啟動時，經由傳動軸兩端的鏈輪帶動鏈條，使鋼管做同步移動。遮光網活動端固著在鋼管上，隨鋼管之移動而移動，另一端則固著於溫室屋脊上。當鋼管沿著屋頂斜坡上下緩慢移動時，同時帶動遮光網，完成開、閉的動作。

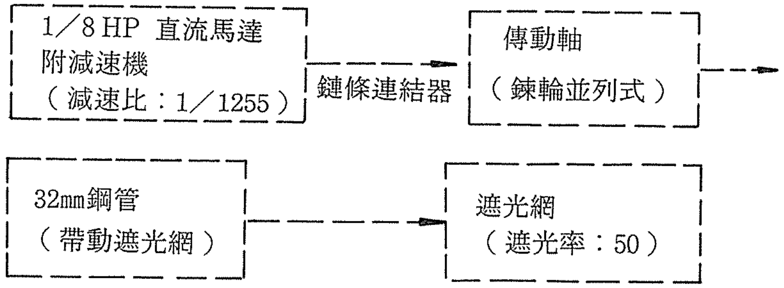


圖 4　遮光機構驅動流程圖

2.遮光機構驅動原理

遮光機構之驅動是藉著控制箱、極限開關及控制線路完成的。控制箱面板如圖 5，電路圖如圖 6 所示。當按下控制箱開關的按鍵時，促使正轉電磁開關（MC1）激磁，則正轉電磁開關接點接通，並保持通電狀態，同時使馬達正轉啟動線圈及運轉線圈接通，作正向

轉動，使遮光網水平向右移動，開啟遮光網。當鋼管碰到極限開關（LS1）時，則電源切斷，馬達停止運轉並被煞住。當按下控制箱的關的按鍵時，促使反轉電磁開關（MC2）激磁，則反轉線圈接通作逆向轉動，使遮光網水平向左移動，關閉遮光網。當鋼管碰到極限開關（LS2）時，則電源被切斷，馬達停止運轉並被煞住。當遮光網在作向右或向左水平移動途中，只要按下電鈕，則電源被切斷，馬達停止運轉並被煞住在所需要的位置，溫室一部份遮光，其餘部份不遮光，以適應同一溫室不同品種植物之栽培。線路中另裝置保險絲及過電流電驛，防止馬達超載。當極限開關（LS1或LS2）發生故障時，按下控制箱開關按鈕，可使全部動作停止，以策安全。

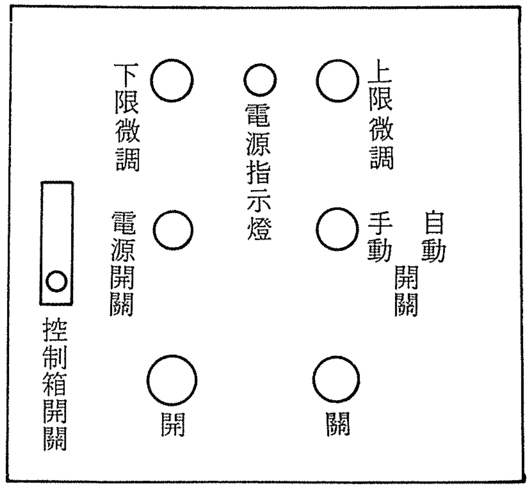


圖 5　控制箱面板圖

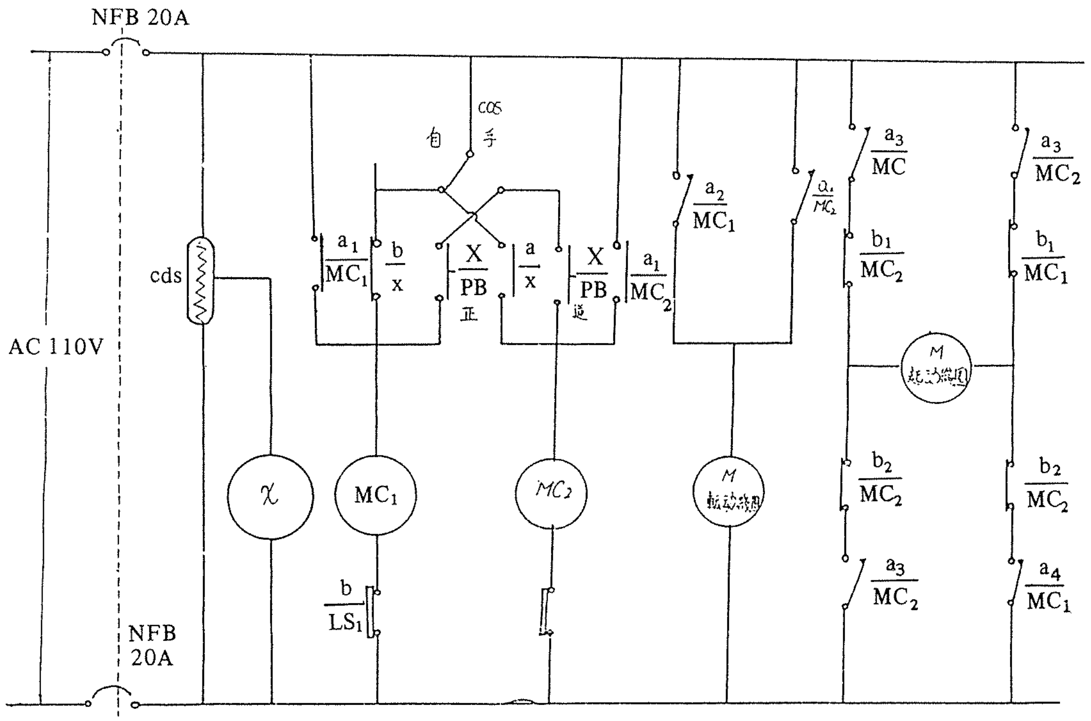


Fig. 6. The control circuit of the screening mechanism.

圖 6　遮光機構自動控制線路圖

3.遮光機構之自動化

不同的植物，均有其生長時最適當的照度，以利光合作用之進行。本省的氣候陰晴變化甚大，遮光機構為順應太陽輻射能量之變化，以獲得溫室內之最佳照度，在尚未自動化之前，遮光網之開閉必須用心的監控，如此將增加作業人員之工作負荷及心理壓力，因此遮光設施之自動化，有其必要性。

由於遮光機構的動作條件是取決於陽光輻射能量之大小，所以光度成為控制遮光網運動的重要變因。當照度過大時，遮光機構使得溫室是處於拒絕部份光照的狀態，以避免過強的陽光傷害作物，當陽光趨弱時，又能恢復接受全額的光照。因此遮光機構的自動化，使得機構能自動隨著陽光強弱，自動開啟或關閉，使得操作手續變得非常簡單。

在控制電路中，（如圖6所示），加上光敏電阻（CDS）用來感應陽光的照度，並將光度的大小，轉換成電流強弱而傳導到整個控制線路，以為因應措施，其作用情形分別描述如下：

1.遮光網展開時之控制電路：

正轉：

a.當開關（NFB）作用時，所有支線除了b／x為接通外，其餘皆短路，因此只有馬達線圈（MC1）接通電流。

b.當馬達線圈（MC1）接通後，其控制之各個不同作用的開關立即開始動作，其情形分別描述如下：

(a)a1／MC1：此為電源自持之用，使得馬達線圈（MC1）除非不作用，否則永遠導通，由線路圖知只有極限開關（LS1）才能關掉它。

(b)a2／MC2：用來控制轉動線圈開始通電轉動。

(c)a3／MC1與a4／MC1：係用來控制啟動馬達轉向，可使馬達的啟動線圈作用，而令馬達正轉。

(d)b1／MC1與b2／MC2：短路使得此區為斷路狀態，即使馬達線圈有作用，亦無法影響馬達工作，因此可避免在中途因陽光太烈，使得光敏電阻作用，開關導通，而發生轉動一半的情形。在b／x，a／x之運作功能如下所述：

(I)即使b／x被切掉，馬達線圈（MC1）因有a／MC1自持電路，故工作仍無影響。

(II)a／x接通，馬達線圈（MC1）作用，但是線路部份已有b1／MC1與b2／MC2保護，故反轉電流仍然不通。此時只會因b1／MC1及b2／MC2之作用將正轉啟動線圈切掉，但已不影響馬達工作。

由以上之作用過程，馬達一直保持正轉，直到碰到極限開關（LS1），將馬達線圈（MC1）切斷，一切開關皆恢復原狀為止。

c.但此時若(d)中光敏電阻有作用時，則馬達繼續回轉（因馬達線圈MC2在作用）直到碰到極限開關（LS2）為止。

d.若開關 x 又不作用，則回到 a。

2.遮光網關閉時之控制電路：

(a)當光敏電阻因光照充足，而使開關 x 接通時，開關b／x切斷，致使馬達線圈（MC1）短路，而開關a／x接通，使馬達線圈（MC2）接通，在接通之後，則由該線路控制的開關立即開始動作：

＊a1／MC2：為自持電路，使得達線圈（MC2）縱使原接通之開關短路，亦能繼續動作，直到極限開關（LS2）短路為止。

＊a2／MC2：控制轉動線圈，使馬達可運轉。

＊a3／MC2與a4／MC2：啟動線圈，使馬達逆轉。

＊b1／MC1與b2／MC2短路，使得正轉電路斷電，以防止正轉情形發生，即使馬達線圈（MC1）作用，亦無法影響馬達工作。

此即避免當馬達在運轉之途中，因陰天而使得光敏電阻失去作用，開關 x 短路。

• 開關b／x又導通，馬達線圈（MC1）作用，但是開關b1／MC2、b2／MC2皆作用，將正轉電路切斷，故不影響馬達工作。

• 開關a／x又發生短路，馬達線圈（MC2）有自持電路，故工作繼續。

因此馬達一直保持逆轉，直到碰到極限開關（LS2），將馬達線圈（MC2）斷電，一切開關恢復原狀為止。

(二)通風冷卻法

溫室通風的方法有兩種，一為自然對流方式，另一為強制通風方式。自然對流係利用空氣的溫差或壓力差，使空氣流通。強制通風則係利用風扇產生一壓力差，迫使空氣流動。

設計正確的通風系統，可使溫室內部維持適當的溫度、濕度及適合作物生長之二氧化碳含量。通風設施可導入外界的冷空氣，並排除溫室內日光輻射而產生之熱空氣。植物葉面散發水份，水份在溫室內蒸發，亦提昇了溫室之降溫效果。因此在一個種植了許多作物之溫室內，降溫所需之熱負荷，將遠低於一個空曠的溫室。

茲將兩種通風冷卻方式，分述如下：

1.自然通風法

當溫室內外之溫度或壓力有相當的差異時，空氣密度亦產生差異，而形成自然對流之現象。因此在氣候嚴寒的冬天，在海邊，在島嶼上或是在季節風盛行的田野裡，採用自然對流法之溫室，亦可獲得良好的降溫效果。但是在酷熱的夏季，當溫室內之溫差有限時，自然對流所能帶走之熱量，便極為有限。

有效的自然通風設施，包含位於屋脊上的一個長條形通風口，以及平行溫室屋脊兩側的通風口，如圖7所示。當溫室內高溫且潮濕的熱空氣自然浮起，經由屋脊上方之通風口逸

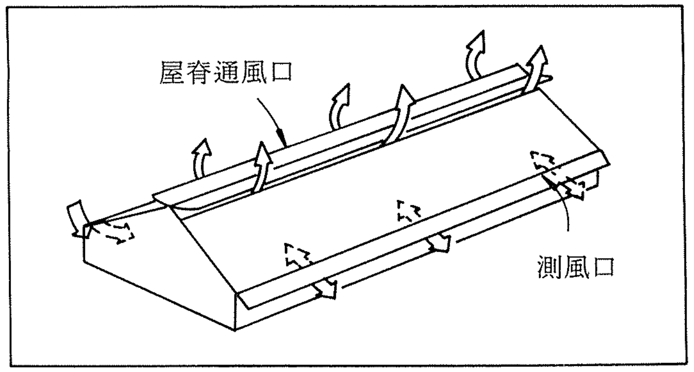


圖 7　溫室自然通風設施

出時，外界乾燥的冷空氣亦經由兩側通風口，或屋脊上之通風口引入溫室內。最有效的自然通風系統，其兩側通風口面積，為溫室面積之百分之二十五。若是只單獨使用屋脊通風口，或是側風口時，通風效果將較不理想。

自然對流法不需裝置任何降溫設施，並且只有在裝設自控裝置時，才有電能之消耗。

2.機械通風法

在炎熱的夏天，圖 8 所示之強制通風系統是密閉溫室不可或缺的基本配備。適當的輔助降溫設施，可明顯的提昇能源效率，降低耗電量。一般說來，精密控制的玻璃溫室或是雙層覆罩之溫室，因溫室內外之自然質量交換速率甚為緩慢，而且裝設屋脊通風口之困難度增加，為了有效地控制溫室內之溫度、濕度及二氧化碳濃度，機械通風系統之採行成為唯一的選擇。

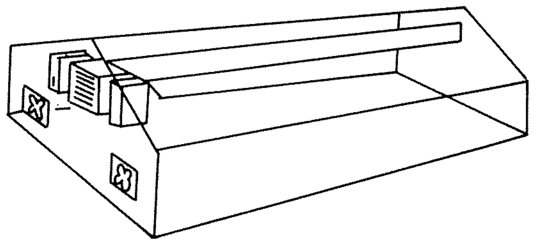


圖 8　溫室機械通風設施

機械通風系統之主要元件包括風扇及馬達制動之通風口，茲分述如下：

(1)風扇之選用

風扇廣泛地使用在各種不同的空調系統或加熱系統上，一般可分為軸流式與離心式兩種。軸流式風扇具有兩片或多片葉片，其排列則呈螺旋槳狀。葉片之剖面如機翼狀，當空氣流經葉片時，可使紊流之程度減為最低，而減少噪音及能量之消耗。在空氣排出端，若再加上導流葉片，可使氣流進一步流線化，促使空氣之轉動動能，轉換成移動動能。

軸流式風扇適用於空氣流動阻力較小之空間，比必須空調之辦公大樓及作物生長之溫室等，通常能在較低的靜壓下導入大量的冷空氣，而且造價較低，為溫室通風所需風扇之上上之選。大部份的螺旋槳風扇，係設計在2.5毫米水柱的靜壓下送風。驅動風扇所需的功率，約略地等於溫室內外空氣熱焓量之差，乘上單位時間之通風量。

圖 9 為一簡單的螺旋槳風扇。空氣在扇葉的周邊可以順暢地流過，但在旋轉軸附近的輪轂部位，其周圍有迴流區產生。空氣在迴流區內產生渦流，並消耗能量，因此這種扇葉的設計方式並不太理想，應加以改善，如圖10所示。圖10的風扇可消除因較高的靜壓所產生的迴流現象，這種風扇輪轂較粗大，造價稍高。

離心式風扇之葉片則為扁平狀，其相對於轉子之迴旋方向，葉片有前向式，後向式及軸向式等分別。離心式風扇須在高壓下，將外界空氣導入溫室內。

風扇的性能，通常由製造廠商來測試，測試結果製成表或繪成特性曲線。通常圖表內所包含的測試項目有揚程，空氣流量，功率，風扇效率及轉速等。使用者經仔細研究各種機型之性能圖表之後，再選擇最適合之機型來購用。

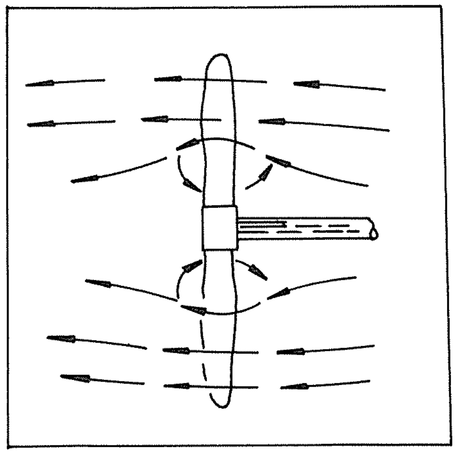


圖 9　螺旋槳風扇周邊流場

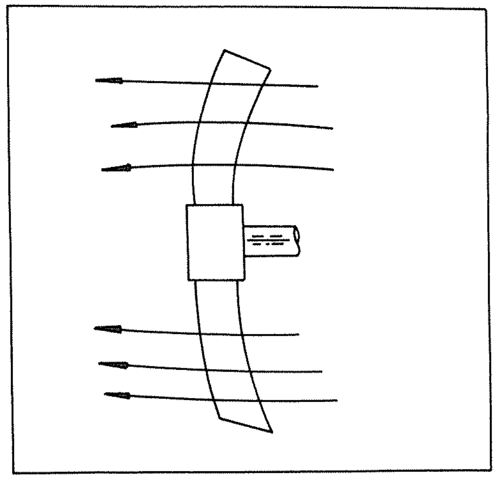


圖10　管形扇葉周邊流場

軸流式風扇在一定的轉速下，其具戈表性之特性曲線如圖11所示。當流動阻力改變時，空氣流量隨之變化，阻力增加時，流量隨之減少，但在一個相當大的作業範圍內，無論阻力增加或降低，風扇之馬力輸出變化有限，因此馬達無過負荷之虞，此爲軸流式風扇之共有特性。在不同的作業條件下，藉由改變扇葉之節徑及寬度，可獲得相對之最大效率。

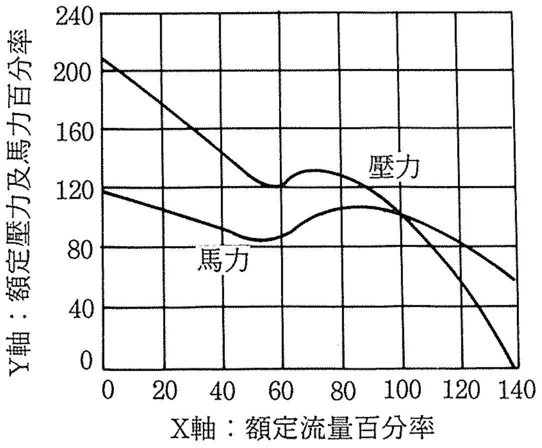


圖 11　軸流式風扇特性曲線圖

具有扁平扇葉之離心式風扇，其具代表性之特性曲線如圖12所示。當空氣流量增加或壓力減小時，風扇之輸出馬力增加。因馬力曲線之斜率變化不算小，故作業時，要避免過負荷之現象發生。

選擇一個風扇或一組風扇，使能在2.5毫米水柱靜壓之情況下，輸送溫室所需的換氣量。基本上對於直徑較小的風扇而言，每分鐘每馬力可輸送420立方公尺的空氣；對1.2公尺外徑的風扇而言，每分鐘每馬力可輸送560立方公尺的空氣。入口處空氣的流速每分鐘

需達250公尺。外徑越大的風扇，能源效率越高，但售價也越高，將使生產成本增加，而且在入口處空氣之流速亦高過適當的風速。當流經作物間之風速每分鐘超過60公尺，將對作物生長產生負面的影響，但外徑不夠大的風扇，則不足以勝任降溫之重責大任。

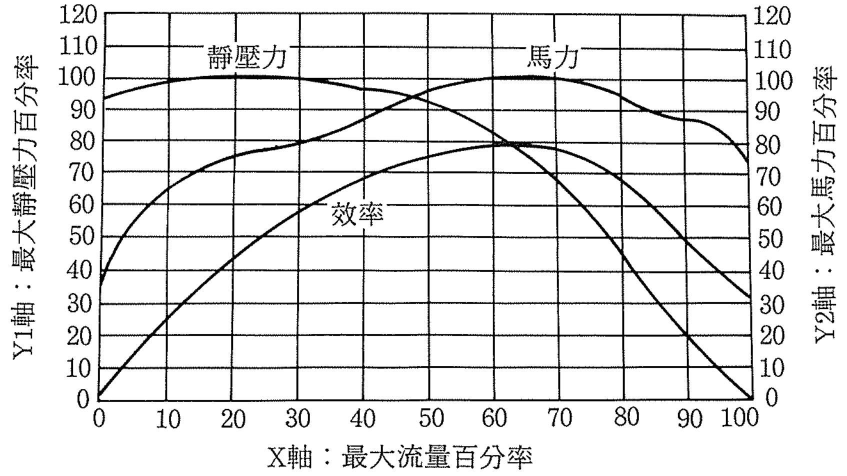


圖12 後向式離心式風扇性能曲線

⑵機械化制動之通風口設計

在溫室空氣入口處附近之流場，容易產生迴流區。夏天高熱的空氣在迴流區打轉，增加了在該處之滯流時間，並蓄積了更多的輻射熱，容易形成高溫，而危害作物之生存。在冬天，由外界導入之冷空氣，必須立即與即將離開溫室之熱空氣，及溫室內之溫暖空氣充份混合，以免凍傷了通風口附近的作物。正確設計的通風口，可以達成這個要求。如圖13所示，經由調整通風口的大小，配合風扇的送風量，以獲得正確的空氣入口速度。以每分鐘大約250公尺的速度，進入溫室的低溫紊亂氣流，足以與溫室內之熱空氣充份混合，

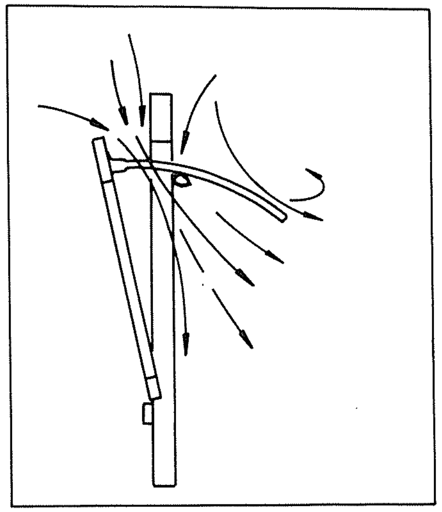


圖13 溫室空氣入口

正如同在溫室內備有一螺旋攪拌器一般，可獲得一新的氣流溫度，並且使溫室內各點的溫度差異達到最小的程度，這猶如由一高壓噴嘴送出高速的冷水，進入一盛滿熱水的大水桶內，大水桶備有攪拌裝置，很快的可獲得一新的平衡溫度。這開口若是太大，諸如溫室的大門，或是捲揚器控制的側門，以致於開口面積無法與之契合，進口的低速冷空氣就像瀑布一樣灑在地面，與溫室內之空氣無法激烈混合，導致於溫室內之溫度，濕度及二氧化碳濃度產生失控現象，雖然風扇仍在正常地運轉，但是入口處之作物很容易發生凍傷現象，空氣由入口至出口，幾乎沒有發揮對流的功效。

這開口若是太狹窄，則在相同送風量之下，產生較高的靜壓，將使通風效率降低。將一個風扇或是一組風扇的總送風量（單位為每分鐘立方公尺）除以 250，便是在靜壓為 2 毫米水柱時之適當的風口開口面積（單位為平方公尺）。

風扇通常架設在溫室的一端，空氣的入口則開在另一端。對一座南北向之溫室而言，風扇應架設在北牆上，其相對應之空氣入口，則可開在南端。但若是夏季季風由北方吹來，則需將風扇架設在南方，以提高其機械效率。適當的風扇數目為每分鐘可將溫室內之空氣交換一次，則在炎熱的夏天，可以降溫達攝氏六度。當換氣量高過此標準時，降溫效果並不顯著，但耗電量則呈顯著增加。溫室長度要小於六十公尺，但是若加上其它降溫設施時，溫室長度可以增加到八十公尺。

㈢溫室通風設施之控制

在夏天，為了準確控制溫室內的溫度及濕度，溫室內外需要裝置一組恆溫計，乾球溫度感測器，濕球溫度感測器，光度感測器及相對濕度感測器等，感測器之種類及多寡視作物種類。溫室週邊設施及控制之精確程度而定 。

對一座須降溫的塑膠溫室而言，可在溫室中央放置一個以三合板製成之控制箱，如圖14所示，箱子一端裝有一個抽氣用小風扇，箱子裡面有一組恆溫器。控制箱可以避免恆溫器直接被太陽曝曬，而使溫度之感測發生誤差。當小風扇不作用時，在溫室內某一定點之溫度變化如圖15所示；小風扇開始啟用之後，該測點之溫度變化量立即由攝紙四度變為攝氏一度， 如圖16所示，因此整座溫室之溫度控制，便極為理想。

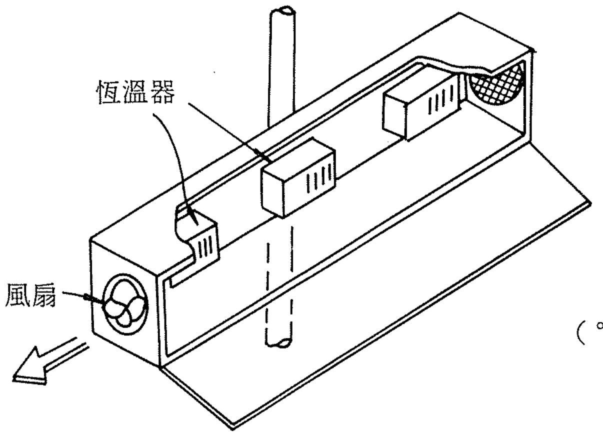


圖14 溫室內簡易控制箱

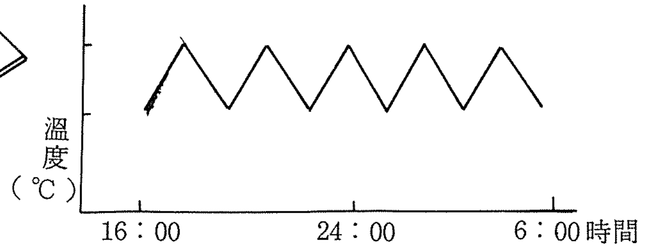


圖15 感測器不通風時，某測點之溫度變化情形

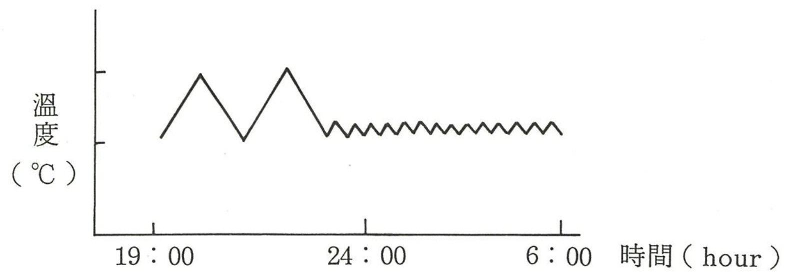


圖16　感測器通風時，某測點之溫度變化情形

茲舉實例說明，若是風扇的送風量為每分鐘250立方公尺，則所需的開口面積為１平方公尺。換言之，這風口的面積可以是１公尺乘１公尺。對一個８公尺寬的溫室而言，這個風口若是沿著溫室的一端開設，那麼這個開口的寬度將是12.5公分。當氣溫上昇，熱負荷加大時，每分鐘250立方公尺之換氣量是不夠的，須要擴增以適當的控制溫度。假如第二級之送風量擴增為每分鐘500立方公尺，則通風口之寬度必須增加為25公分，那麼送風之靜壓方可維持在２毫米水柱高。

在美國新澤西州南部，有一成功的萵苣水耕經營者，在他的塑膠溫室裡，裝有５個風扇及霧液降溫設施，經由微電腦做四段式之溫度控制。平時通風只使用一個風扇，通風口開啟7.6公分；氣溫上昇時，使用三個風扇，通風口開啟46公分，或是使用五個風扇，通風口開啟66公分。在夏天，當這三段仍然不足夠完成降溫之使命時，霧液降溫系統啟動，溫度立即降低至適合萵苣生長之水準。

㈣水牆降溫法

在那些只是使用強制通風不足以冷卻溫室至滿意程度之地區，加裝水牆便能經濟有效地冷卻溫室內之溫度，並增加溫室內之相對濕度如圖17所示。

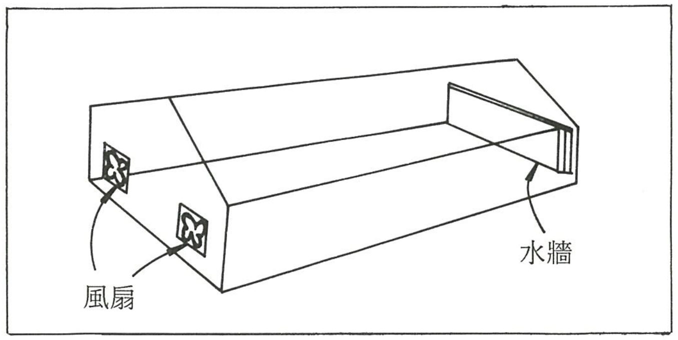


圖17　溫度內水牆降溫設施

水牆可以水平或是垂直地安裝在溫室的一端。一根打孔的水管，將水均勻的撒播在垂直裝置之水牆上方。水牆下方之排水管，收集流下的水，循環使用。

圖18為一商業化之多孔性水牆。水牆所使用之材料為經處理過能耐水蝕，重量輕而且耐久性佳的皺折狀厚紙，白楊樹的木質纖維，外覆橡皮之豬毛，醋酸纖維素，或是尼龍纖維等。木質纖維製成之水牆，纖維容易集結而形成孔隙，使空氣通過，而單股尼龍細線編織成之蜘蛛網狀水牆，較不易發生纖維裂解之現象。

理想的多孔性水牆，具有最佳之空氣通路面積與障礙面積比（約四十比一），可容許最大的空氣流量，流經最大的飽和加濕纖維表面。被氣流帶走之最適當水量，為在不降低空氣流動效果情況下之最大水量。流經水牆的空氣壓力降愈低，電能消耗愈小，相對地所需之風扇馬力亦愈小。

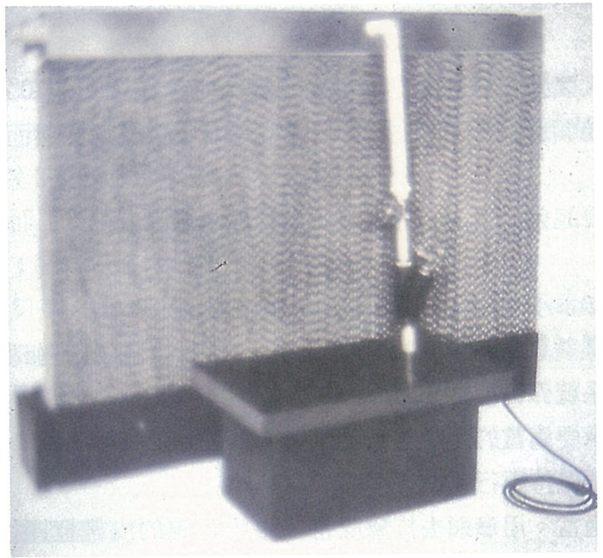


圖18　多孔性水牆

㈤霧液冷卻法

高壓噴嘴噴出粒徑極為細微之水珠，使得單位體積的水，經噴灑之後，能獲得最大的表面積，而能吸收最大的潛熱，使細微的水珠均能在空中順利地蒸發成水氣，以避免滴落在作物上。水滴夾雜之礦物質，將使植物產生脫色或疾病之現象。霧液冷卻結合作物本身之蒸散作用，能達成良好之溫室降溫效果（如圖19所示），其換氣率僅須一般溫室之三分之二。

圖19　霧液冷卻法之噴嘴及管路

霧液冷卻法，依釋放出水珠之粒徑大小，其系統又可分類為如下兩種：

1.噴水系統

系統之噴水壓力為10至14大氣壓力之間，可噴出細微的水珠，細微的程度，是在水珠滴落地面之前，便能蒸發完畢。但水珠落地之前，極有可能落在作物葉面上，將影響葉菜類收穫時之品質。

噴頭的間隙及水壓的穩定與否，將決定溫室降溫效果是否均一。

2.霧化系統

本系統在35大氣壓以上之壓力下噴出水珠，水珠粒徑可達10公尺。如此微細之水珠立即霧化，而籠罩整個溫室，使溫室內之降溫效果及濕度極為均一，不會發生有水珠滴在作物上之現象。

高壓的噴嘴要避免堵塞，因此水必須先經濾水器濾去雜質，而且管路之材質必須能承受高壓。

(六)通風系統之保養須知

一座好的溫室系統建立不易，為了維持產品的品質及降低維修費用，溫室作業人員須明白以下所述的通風系統保養要點：

1.風扇及馬達之軸承要適當的潤滑，甚至更換，以避免產生過熱現象。

2.皮帶輪的傳動軸要保持平行。

3.皮帶之鬆緊度要適當。用拳頭去打擊皮帶，張力正確的皮帶會產生震盪，並且彈力充沛；張力不足，則反之。鬆懈的皮帶將產生過度的磨耗，打滑及傳動效率降低之現象，並且容易使皮帶破裂。皮帶過緊將使軸承磨損，降低其使用期限。

4.在修護或調整時，要注意接線是否正確，以免造成風扇反向運轉。風扇反向運轉時，仍然可以移動部份空氣，因而一時之間不易察覺。

5.礦物油脂及炙熱的陽光容易損傷皮帶。油脂及其它不易擦拭之異物，可先用肥皂水清洗，再以清水洗淨殘留之肥皂。

6.溫室外之雜草及樹叢，若是阻礙風扇空氣之流通，必須清除。

參考文獻

1.王鼎盛　1988　設施園藝設計手冊　農委會及台大農工系編印。

2.吳中興　1989　設施內機械裝置及自動化　設施園藝技術 P.105—117豐年社。

3. 邱活泉、吳中興　1988　溫室機械遮光設施之研製　農工學報34卷 2 期。

4. Daugherty, D. L. and J. B. Franxini. 1977. Fluid mechanics with engineering applications, 7th edition, Mc Graw-Hill Book Company.

5. Karlekar, B. V. and R. M. Desmond. 1977. Engineering heat transfer. Rochester Institute of Technology.

6. Nelson, P. V. 1985. Greenhouse operation and management, 3rd edition, North Carolina State University.

7. Roberts, W. J., J. W. Bartok, E. E. Fabian and J. Simpkins. 1985. Energy conservation for commercial greenhouses, NRAES-3.

8. Wark, K. 1989. Thermodynamics. Mc Graw-Hill Book Company.

討　　論

王鼎盛（台大農工系）問：

自然通風入（出）口面積為溫室水平面面積之25%它與風速與風向有關嗎？機械式強迫通風以您的見解適合於本省溫室的方式應為吸氣式或排氣式？

吳中興（台大農機系）答：

在本省，自然通風法只是一種輔助降溫方法，在澎湖地區，可能不錯，而本省地區使用，效果不彰在夏季農民將所紗網全部捲起，也是一種自然通風法。水牆通風法降溫以吸入式最好，但有一缺點無論夏天或冬天，空氣一定要從水牆通過，因而形成能源的浪費。

賴森雄（亞蔬中心）問：

亞蔬中心以水牆式降溫但無效。

吳中興（台大）答：

貴單位溫室內之水牆無法達成降溫功能，可能是機械通風系統設計不良所導致，應該不是水牆發生問題。水牆式降溫與濕度有關，台大精密溫室以水牆方式可降至溫攝氏 4 至 6 度，而國外農民以水牆式降置，可以使用13年，感到很滿意。

李哖（台大園藝系）補充：

水牆距離設計不善時，降溫效果不好。

鄔錫正（桃園縣政府）問：

植物最適宜的成長溫度為何？作物對溫度的忍耐與濕度，空氣流速的互動關係？

吳中興（台大農機系）答：

不同植物最適宜的成長溫度及溫度之範圍，需實驗才知道。流經作物同之風速，每分鐘不得超過60公尺。

王鼎盛（台大農工系）補充：

人感覺包括溫度、濕度、風速、輻射四種之綜合而植物以溫度、濕度為標準。

COOLING FACILITIES AND CONTROL IN GREENHOUSES

Chung-Hsing Wu

Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering,
National Taiwan University.

ABSTRACT

Taiwan located in the semitropical area. In the summer, the thermal load inside the greenhouses is so heavy that the cooling facilities are required to maintain the right temperature in which the plant will grow well.

In the shiny days, the screens should be spread over the roof of the greenhouse automatically to interrupt about half of the solar radiation entering into the growing area. Some of the auxiliary cooling equipments such as natural ventilation system, mechanical ventilation system, fan and pad system, misting system, or fog system also should be built in according to the consideration of the budget and the requirement of the grown plants to accurately control the temperature, relative humidity, and the concentration of the carbon dioxide inside the protected area. The size of the air inlet, the selection of the fan, and the maintenance of the mechanical assemblies are also important to ensure a reliable optimum growing environment.

設施內輻射環境的控制與管理

申 雍*

國立中興大學土壤學系

摘 要

入射於地表的日光，可分為三個波段，紫外光區（<400 nm）、可見光區（400—700 nm）和近紅外光區（700—3000 nm）；各波段所佔的能量分別為3%、44%和53%。其中僅有可見光區的能量可以被作物光合作用所利用，其餘兩個波段的光能對光合作用毫無用處，但卻可以轉變成熱能，使得設施內的溫度升高。因此，如何儘量減少進入設施內近紅外光的量，但依作物需求，調節可見光進入的量，就成為控制與管理設施內輻射環境的首要目標。設施內的熱能，會不斷的以長波（>3000 nm）的型式向外輻散，所以如何使長波輻射順利釋出，乃成為控制與管理的第二目標。

為達成前述二目標，必須從研究設施所用被覆材料的光學性質著手。本省目前所用的材質，如玻璃、PE 布、PVC 布，FRP 板等的光學性質均不合理想。初步研究顯示，利用具雙鍵或參鍵的 C、H、O、N 等簡單分子的有機或無機的氣體與液體，以吸收或反射的方式，可以選擇性地減少進入設施內近紅外光區的能量。有關材料的開發與實際應用的技術，仍有待更進一步的探討。

一、前 言

夏季日射強烈時，設施內的氣溫常高至為害作物生長的程度[3,4]，這是設施栽培在本省尚未能被普遍採用的主要原因之一。設施內的高溫，導因於過量的日射進入設施內，轉變成熱能，又無法有效的將熱能排出設施外。目前所用通風和冷卻的方法[2]，在把已進入設施內的熱量除去，設備的投資很大。若是能將過多的日射阻擋於設施外，則設施內的溫度將不致於上升的太高，即使仍須要降溫，所須的設備投資也將減少，這對於種植非高經濟價值作物的農民，將有很大的幫助。目前習用遮光網將過多的日射阻擋於設施外，但無良好效果的原因在於，若阻止過度溫度上升，往往伴隨阻止可見光的穿透，影響了作物的生長。故在控制與管理設施內的輻射熱環境時，並非單純的使用遮光網而已。

設施內的輻射環境可分強度、分佈與光品質（透光光譜）三大部分。設施內的日射強度較外界環境為低，其原因包括有(一)樑柱的遮光、(二)被覆材料的反射與吸收、(三)被覆材料上灰塵、水滴的吸收和反射，而且入射強度隨太陽高度、溫室方位和構造而變化[2]。由於台灣處於低緯度地區，設施內床面的平均透光率隨溫室方位、屋頂傾斜角的變化不大[1]，而設施內的光品質，決定於

* 國立中興大學土壤學系副教授

所用被覆材料的光學性質，所以要控制與管理設施內的輻射環境，須從選擇適當的被覆建材 著手。

二、 理想的被覆建材

入射於地表的日射，可大約分為三個波段，紫外光區（<400nm）、可見光區（400-700nm）以及近紅外光區（700-300nm）（圖１）。可以被作物光合作用利用的可見光區的能量，只佔全部日射能量的44%，佔50%以上能量的近紅外光，並不能被作物光合作用所利用，但卻會轉成熱能，使得設施內的溫度升高，因此一個理想的被覆建材須能把近紅外光擋在設施外。

設施內部的熱量會以長波輻射（3-100 μm）的方式向外界釋出（圖一）。一個理想的被覆材料須能讓此波段的輻射順利釋出，否則將產生「溫室效應」，使設施內的溫度升高，如玻璃溫室。

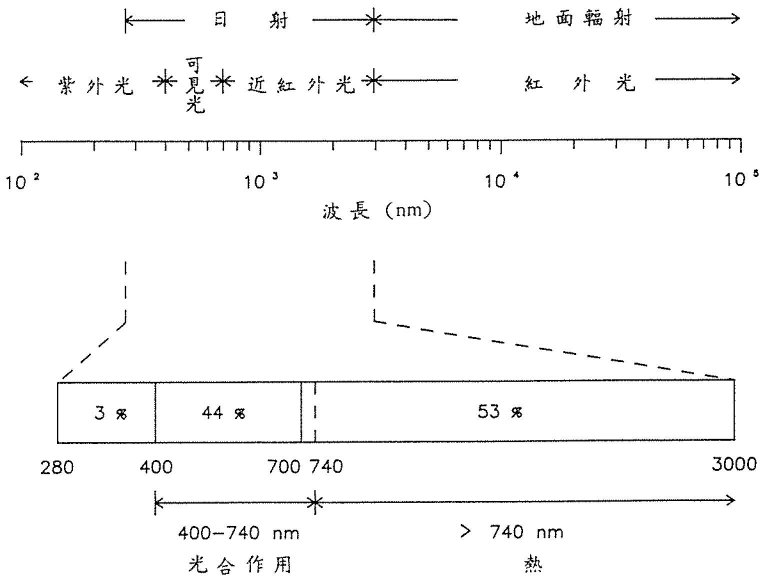


圖１ (a)日射與地面幅射（長波輻射）的光譜波帶
(b)日射中不同光譜波帶的能量分佈

Fig. 1 (a) Spectrum of solar and terrestrial radiation on logarithmic wavelength scale.
(b) Energy distribution in solar radiation.

由以上所述，一個理想的被覆材料須有如圖２所示的光學性質，即讓可見光通過，擋住近紅外光，且讓長波輻射（紅外光）順利釋出。

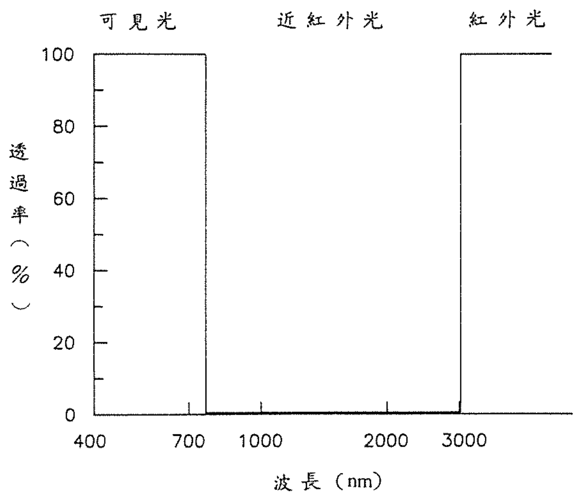


圖２ 溫室被覆材料理想的光學性質

Fig. 2 Optical properties of an ideal covering material.

三、 現有被覆材料與改進建議

目前常用被覆建材的光學性質均不甚理想，例如玻璃（圖３.）雖然對可見光的透過性頁好，且能耐久，但是玻璃對近紅外光同樣毫無阻擋，又不讓設施內的熱以長波輻射的方式順利釋出，造成嚴重的溫室效應。又如PE布（圖４），雖然它對於長波輻射的透過率要比玻璃好的多，但是對佔有50%能量的近紅外光也沒有阻擋作用。

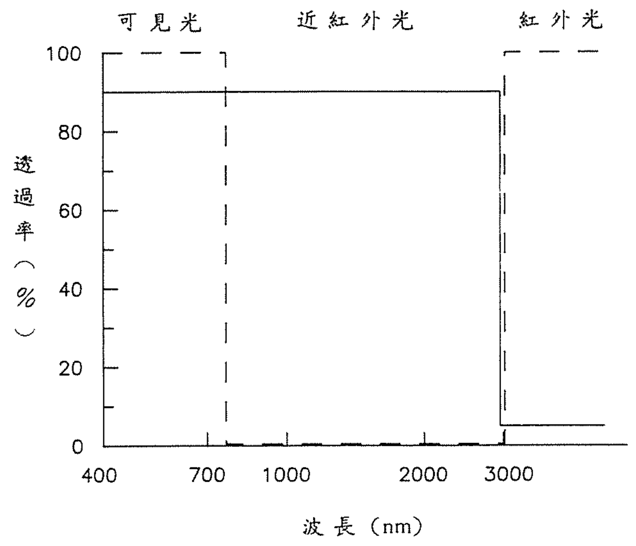


圖３ 玻璃與理想被覆材料透過率之比較

Fig. 3 Transmissivity of glasses compared with an ideal covering material.

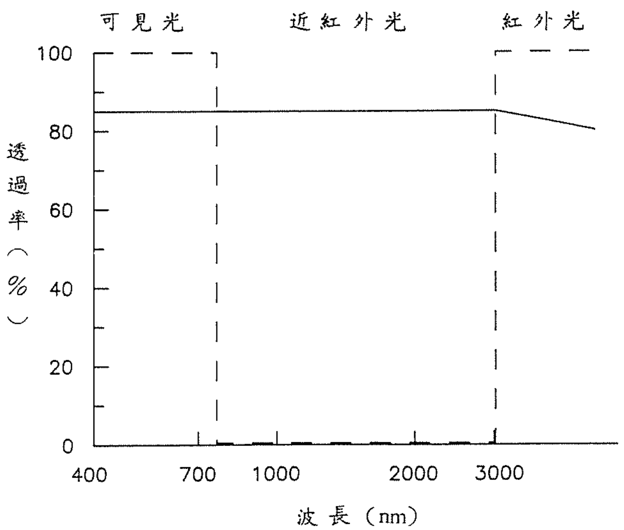


圖4　PE布與理想被覆材料透過率之比較

Fig. 4　Transmissivity of PE film compared with an ideal covering material.

欲將日射中的近紅外光擋在設施外，可以利用吸收的方法，在被覆材料上塗布一層吸收近紅外光的物質，例如目前所用在屋頂灑水的方法就有這方面的效果（圖5），水對可見光的透過良好，保留須要一薄層的水（～1cm），就可以把近紅外光完全吸收，可是水不能讓紅外光順利釋出是一大缺點，同時水中所含的鐵質及碳酸鹽等容易污染屋頂，降低了可見光的透過率。

另一種吸收近紅外光的方法，可利用PE布對三個波段的透過率都良好的特性，在二層PE布間填充可以吸收近紅外光的氣體或液體，如同 Mortensen[5]在二層壓克力板之間，填充不同顏色的水，以調節所通過的可見光質。所使用的氣體或液體必須有對可見光及紅外光通過性良好的光學性質，同時還須對生物無毒害，不會造成環境污染等的特性，以防止PE布破裂時造成災害。

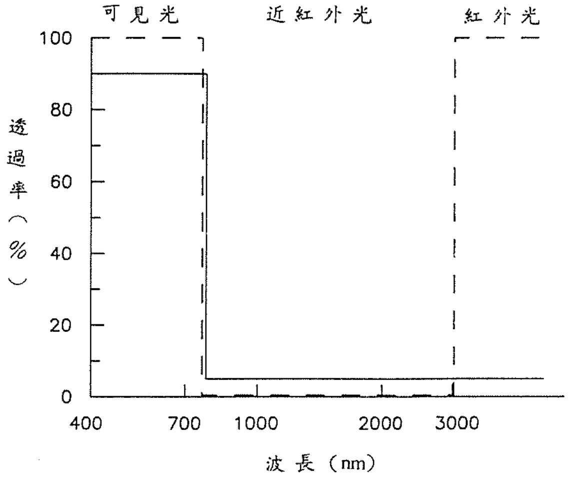


圖5　水與理想被覆材料透過率之比較

Fig. 5　Transmissivity of water compared with an ideal covering material.

可資利用的填充料，可從一些簡單的有機或無機的，具雙鍵或參鍵的C、H、O、N的分子來尋找，因為使其分子振動所須的能量約落在近紅外光區；一個很值得研究的材料就是 CO_2。一些可以吸收近紅外光能量的有機官能基則列於表1。

表1　有機官能基吸收近紅外光的波段（取自 Shurvell et al[6]）

Table 1　Near infrared absorption band of several organic functional groups (after shurvell et al.[6])

官能基		波長 (microns)	官能基		波長 (microns)
Acetylenes	$-C\equiv CH$	1.02–1.05	Amines	$-NH_2$,	1.00–1.08
				$-NHR$	1.43–1.57
Alcohols	$-OH$	0.93–0.96			1.94–2.03
(nonhydrogen bonded)		1.40–1.42	Aromatic Aldehyde	ArCHO	2.19–2.25
Aldehydes	$R-C(=O)-H$	2.19–2.22	Carbonyl	C = O	1.92–1.96
Alkanes Groups	$-CH_2-$, $-CH_3$	0.86–0.95 1.12–1.20 1.71–1.78	Carboxylic Acids	$R-C(=O)-HO$	1.43–1.47
		2.23–2.44	Glycols	$-C(OH)-C(OH)-$	1.40–1.42
Alkenes	$=CH_2$	0.84–0.90 1.08–1.15 1.32–1.35	Imides	$-C(=O)-NH-C(=O)-$	1.01–1.04 1.53–1.57
Amides Primary	$R-C(=O)-NH_2$	1.00–1.07	Nitriles	$-C\equiv N$	1.89–1.92
		1.44–1.53	Oximes	$-C=NOH$	1.41–1.43
		1.91–2.08	Phosphines	$-PH$	1.87–1.90
Secondary	$R-C(=O)-NHR'$	1.46–1.48 1.98–2.04	Thiols	$-SH$	1.97–1.99

前述利用材料將近紅外線吸收的方法，若沒有很好的散熱方法，材料將會變得很熱，如果所使用的材料能將近紅外光反射掉就更好了。自然界的植物葉片，對於近紅外光有很強的選擇性反射（圖6），土壤對近紅外光亦有很強的選擇性反射，我們須研究其原因，設法將研究結果應用到改進現有被覆材料的技術上。

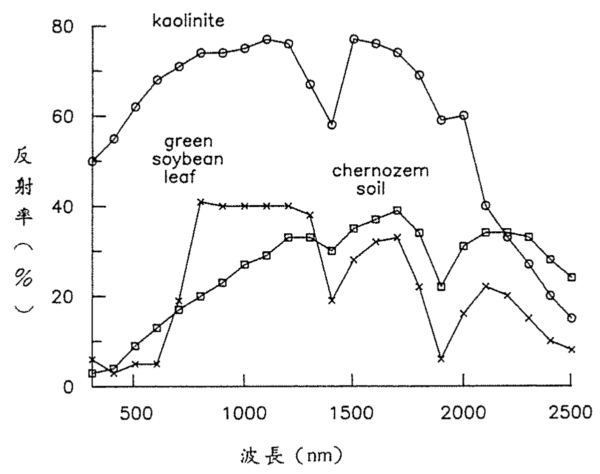


圖 6 大豆綠葉，黑鈣土及高嶺石的反射光譜（取自 Blad and Lemeur ˙）

Fig. 6 Spectral reflectance curves of a green soybean leaf, a chernozem-type soil and a pure kaolinite substratum (after Blad and Lemeur[5]).

四、 可見光的控制與管理

設施內輻射環境的控制與管理，除了須設法減少近紅外光的進入外，還須注意進入的可見光量是否過多。作物依適光強度，可約略分為三型[2]，強光型、中光型和弱光型，所須的最低日射量分別為350，70-350，及70 W／m²。而台灣地區，以台中為例（圖 7），一天中，日射量超過350 W／m²的時間，在夏季有 8 個小時，而在冬季也有 6 個小時，尤其在夏季正午時可高達600 W／m²以上，似有日射量過多之嫌，可酌量予以減少。

減少可見光的方式，依栽培作物種類而異。若所栽培的作物屬弱光型，可利用遮光網減少進入的日射，若作物屬於強光型或中光型，則最好將設施依南北向建築，減少正午時入射的日射量，但不減少早晨或下午的日射量。

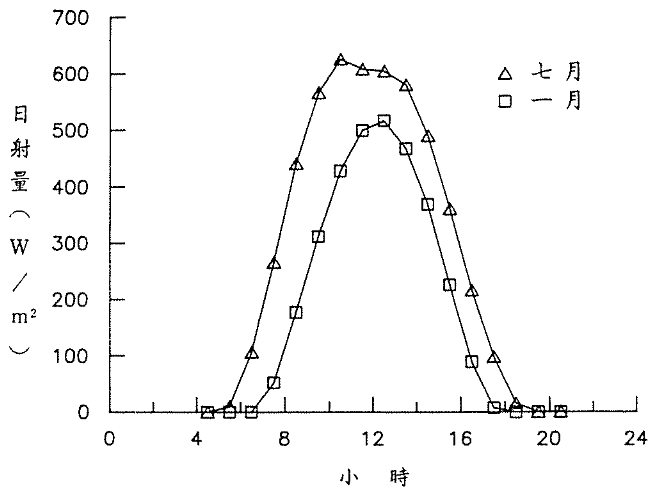


圖 7 台中地區一月與七月五年的（1983-1987）平均全天日射量

Fig. 7 Averaged January and July solar irradiance in Taichung area from 1983 to 1987.

五、 結 語

綜結本文所述，設施內輻射環境控制與管理的目標，在於：

(一)儘可能減少近紅外光的進入，而依栽培作物的適光性，適量調節進入設施內的可見光量。

(二)使長波輻射順利釋出。

上述的目標雖然顯而易見，但是有關技術的細節與適用的材料，仍有待進一步的研究與開發，本文中所提的幾點建議，當可做為起始研究的方向。

參 考 文 獻

1. 王鼎盛 1987 溫室結構設計與環境控制 設施園藝研討會專集 第125-142頁。 民國76年 2 月18至19日 台灣省農業試驗所主辦。
2. 王鼎盛 1988 設施園藝設計手冊 台灣大學農業工程系。
3. 李 哖 1987 溫室之栽培管理技術 設施園藝研討會專集 第143-152頁。 民國76年 2 月18至19日 台灣省農業試驗所主辦。
4. 郭孚燿 1987 台灣蔬菜設施栽培之探討與展望 設施園藝研討會專集 第43-60頁。 民國76年 2 月18至19日 台灣省農業試驗所主辦。
5. Blad, B. L. and R. Lemeur. 1979. Miscellaneous techniques for alleviating heat and moisture stress. In "Modification of the aerial environment of crops". American Socity of Agricultural Engineers.
6. Shurvell, H. F., L. Verbit, R. G. Cooks, and G. H. Stout. 1976. Organic Structure Analysis. Published by MacMillan Publishing Co., Inc. New York, NY.
7. Mortensen, L. M. 1988. Fluid roof greenhouse with control of light quality. A poster in symposium on high technology in protected cultivation. Held at Hamanatsu, Japan, May 12–15, 1988 by International Society for Horticultural Science.

CONTROL AND MANAGEMENT OF RADIATION ENVIRONMENT IN GREENHOUSES

Yuan Shen

Associate Professor
Department of Soil Science, National Chung-Hsing University

ABSTRACT

Incident solar radiation on earth can be divided into three regions, ultra-violet (300–400 nm), visible (400–700 nm) and near-infrared (700–3000 nm); and the energy contained are 3%, 44%, and 53%, respectively. Although energy in the visible region can be used by photosynthesis, radiant energy in the other two regions can only be converted into heat and then raise temperature in greenhouses. Therefore, to reduce as much near-infrared as possible and adjust the amount of visible light based on crop needs is the first goal in controlling and managing the radiation environment in greenhouses. The heat in the greenhouse will radiate outwardly in the form of longwave radiation (3–100 μm). Thus, the second goal is to let longwave radiation to be released as much as possible.

Optical properties of commonly used covering materials, glass, PE and PVC films, are compared with an ideal covering material and found to be unsatisfied. Discussions about how to reduce incident near-infrared have been given and materials that selectively absorb or reflect near-infrared, such as CO_2, have also been pointed out. However, researchs on developing practical techniques and suitable materials are still needed.

溫室自動化系統功能之探討

張 祖 亮*
國立台灣大學園藝系

摘 要

近年來，設施園藝在本省日漸受到重視，然其成功與否的關鍵之一，在於能否成功地控制設施內的環境。為控制環境而使用之設施，可分為利用各種自然資源及能源，並減少人工能源消耗的被動型，與消耗大量人工能源及人力支出的主動型兩大類。由於主動型的控制較佳，若能符合經濟效益的原則，當為人們所樂於採用。為了要減低能源及人力支出，自動化或電腦化的控制便成為必然的趨勢。雖然，以本省目前的工業技術水準而言，應足以擔負此任務；但農業生產所涉及的因素極多，雖然要求的反應速度及精密度不若工業控制般的嚴格，然而要慮及的範圍則大得多，因此系統便複雜起來。在此首先由功能性的著眼，加以探討。

在資訊工業及相關工業蓬勃發展的時代潮流中，未來的農業生產結構將出現不同的生產模式。因為市場的需求、銷售行情、價格、銷量等資訊，可迅速地傳至生產單位。透過生產者的組織，與產量預測和天氣預報相結合，使產銷計畫配合各因應措施，務期將風險降至最小。以上的產銷模式，將待全面性資訊網路的建立後，始克完成。當前的溫室自動化，將著重於環境控制及作物生長模式的建立，及整合目前各具單獨功能的控制器，予以系統化控制。利用作物生長模式來進行環境控制，可經由資料庫及具推理功能的知識庫之規則，推定擬採行的步驟，從而達成高產或高品質的預定目標。環境控制機構則要講求可靠、穩定、省能源、維修易而且便宜。操作上除要求最少的人工外，實際運作時操作人員要安全、舒適而有效率。

本文以臺灣大學園藝學系所引進的荷蘭連幢式精密溫室為例，說明在實施溫室自動化時，於設計之初即應注意的事項，以便迎頭趕上先進國家的水準。

一、前 言

當國民生活水準日漸提高，對園產品品質要求亦隨之高漲，為了適應市場的需求，採用設施以改善作物生產環境，求取產量的增加、品質的提高及調節產期的栽培方式便逐漸興起，匯集成一般所謂設施園藝的新興產業。就園藝栽培的觀點而言，所謂設施園藝乃是「以人為方式，利用

* 國立台灣大學園藝學系副教授

設備改良生產環境，提供園藝作物最適宜之生長條件，以達經濟生產之目的」。由此觀之，控制作物生長之環境以促使作物之生長發育依人為的意志，達成高產、高品質或調節產期等目的，乃是設施園藝不可或缺的首要工作。一般而言，為控制環境而使用的設施，依其控制環境的機能可大略分成主動型與動型兩類。前者如臺灣大學園藝學系之精密溫室及一些蘭花業者所建造之玻璃溫室等屬之；其造價昂貴，使用維護不易，需要消耗大量的人工能源及人力支出，始克維持正常之運作，因此，一般多半以自動化或電腦化的方式減少能源與人工的需求。後者則如現今日漸普及的簡易溫室、溫網室及遮雨棚等屬之；其造價低，修繕維護容易，一般農家尚能負擔，因此本省已有相當的面積，此類設施其結構、覆蓋材料及控制設備皆很簡單。主要由構造物及覆蓋材料的性質決定其內部的環境。因此在設計結構時，除要考慮到太陽能的利用、風力、風向等因素外；土壤水分及覆蓋材料等的物化性質，可決定其緩衝能力的大小。由於此類設施對環境的控制屬消極被動型式，因此於架構完成時即已確定其日後所能控制環境的能力。雖然其對環境控制效果不若精密集約的主動型顯著，但其係利用各種自然資及能源為主要著眼，緩衝力較大，不致如主動控制型者，一旦失控則整個設施內的環境在極短時間內便極端異常，而使作物受害。

由於臺灣地區的設施園藝栽培尚處於起步的階段，相關於設施園藝的各項研究尚待加強，加以當今科技的進步一日千里，如何跟上時代，將各種發達的新科技擇其菁華而用之於設施園藝，實是促使本地設施園藝事業迅速發展的要旨。另一方面，自能源危機發生後，人們已意識到資源與能源的可貴；因此，雖然在經濟上的考慮是油價愈便宜，則主動型的設施即愈有利，但以長遠的大衆利益而論，多利用自然資源與能源而減少對人工資源與能源的需求，當是今後研究發展時應注意的主要對象。而為要減低能源及人力的支出，將自動化或電腦化的控制技術引入設施園藝的領域，便成為必然的趨勢。誠然，以本省目前的工業技術水準而言，應足以擔負此任務；但農業生產所涉及的因素極多，不若工業控制般的單純。在工業技術的層面上而言，農務的要求，其反應速度及精密度等，一般皆不若工業控制般的要求嚴格，然而由於要考慮的範圍大得多，即參予的因子遠超過一般的工業控制系統，因此系統便複雜起來。面對如此複雜的系統，首先宜由功能性的著眼，將系統簡單化後再探討其他事項，則可收事半功倍之效。本文據此以臺灣大學園藝學系之精密溫室為例，說明在實施溫室自動化時，於設計之初，在功能上應注意的事項，供有志從事者之參考。

二、臺灣大學園藝學系之精密溫室控制系統功能概況

臺灣大學園藝學系之精密溫室為連棟式玻璃溫室，即所謂之 Venlo 型溫室，分為 7 隔間及 1 長廊。為能抗颱防風，特別設計之強化結構，可抗瞬間最大風速每秒72m之颱風。由溫室結構來看，係鋼筋混凝土基礎，上接鍍鋅鋼架結構，另以鋁合金框外敷玻璃所組成。其基本架構及功能示意如圖 1 。

各間溫室皆具有對溫度、光照、水分供應及二氧化碳濃度等條件的基本控制，且可依程式之設定，經由電腦的自動控制系統加以調整並紀錄之。

㈠溫度控制：

1.自然通風系統：

二組相對天窗的自然通風系統，含兩個獨立的操作系統，利用電動馬達、齒條和旋轉連桿，使屋頂的氣窗能做0-100%的啟閉。電腦依使用者的設定，將方向相對的兩組氣窗分別

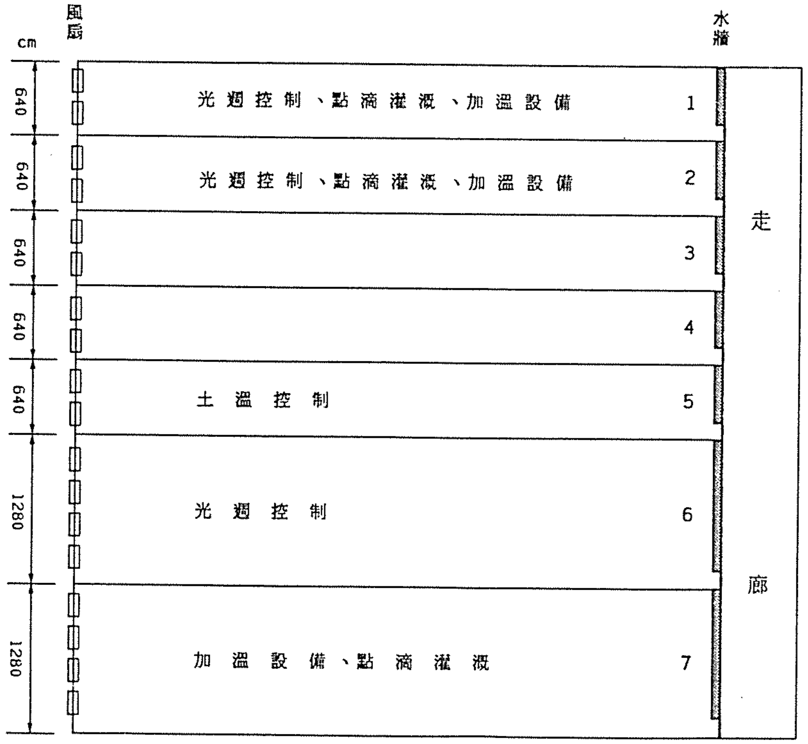


圖 1 臺灣大學園藝系精密溫室基本架構及功能示意圖

Fig. 1. Construction and Functional Diagram of the Computer-controlled Greenhouse in Department of Horticulture, National Taiwan University.

停在最有利的位置，使具最適的降溫效果，同時避免外界的冷空氣在溫室內造成大亂流，影響植物生長與發育。當室外溫度較低時，只要用自然通風系統即可，至於兩方向氣窗開啟的程度則可由電腦選擇，但背風向永遠比順風向要開得大，以保護氣窗安全並使溫室內溫度不致變化過大。

2.水牆及風扇抽風系統

當溫度過高，自然通風不足以使溫度下降時，則需要啟動本系統以降溫。系統含走廊上方供空氣進入的氣窗，走廊邊的水牆含供水系統，加上附有自動啟閉百葉窗板的排風扇。所有7間溫室均有此系統，當溫室內溫度過熱時，首先關閉屋頂自然通風的氣窗，並啟動排風扇，藉由強制氣流的流通進行氣體交換以降溫。如果外界溫度繼續上升則水牆加水，利用水牆上水分的蒸發，帶走大量的熱，此時通過水牆的空氣濕度會上升。整個系統分四個階段進行：⑴打開在走道屋頂氣窗。⑵啟動第一具風扇。⑶啟動第二具風扇。⑷啟動水牆澆水系統。各階段可有重疊的部分，或完全分開。

3.滑動遮光幕系統：

每一間溫室均設有兩組可個別控制的遮光裝置，以降低植物所接受的總輻射量，或減少在冷季時總熱量的散失。遮光裝置基本組成為兩組傳動系統，在植物和太陽光之間水平移動遮光幕，上一層遮光率約為76%，下層則為30%。此一遮光裝置在夏天能除去過多的輻射能，有降低溫室內溫度的效果，在冬季晚上則具有保溫的作用。

4.屋頂灑水系統：

當中午溫室溫度過高時尚可啟用屋頂灑水系統。此屋頂灑水系統能使進入溫室的陽光量降低，約可降低室內溫度2℃左右，並可用來清洗溫室屋頂之玻璃。此系統的水無法回收利用，除非有必要，例如溫度突然升高或長時間未下雨，使屋頂玻璃過髒時才使用。

5.土溫冷卻系統：

在第五間特別安裝有土壤降溫系統，其基本組成為：氣冷式冰水機主機及送水幫浦與土壤表面下30cm的迴流系統。冰水機的開關由電腦控制，當土溫感應器感應的溫度高過設定溫度時，即啟動冰水機使水溫下降。當出水口水溫下降至5℃時，即關掉冰水機。此系統必須確定水管內完全滿水，沒有任何氣體存在，否則土溫無法顯著下降。

6.加溫系統：

在第1、2及7間設有加溫系統，包含具可程式控制柴油燃燒器的熱水鍋爐，送熱水幫浦的輸送系統，在各間溫室內分布之管路則有混合和迴流控制系統。此加溫系統在低溫期間使用以達到所需溫度外，亦可用以烘乾清晨植物上的凝結水。

上述各系統互相配合，經電腦程式的控制後，於夏季能發揮極大的降溫效果；當氣溫35℃時，室內可保持28℃-30℃。土溫冷卻系統，於室溫28℃時，可使土溫降至18℃，加溫系統則於冬季寒流來襲時，能有效的將溫室內的溫度維持在20℃上下。

㈡光照控制：

依室外陽光的強弱，由電腦自動控制前述的遮光幕，達到不同程度的遮光效果。自動控制光照設施，有二組控制，可增加光照強度或延長照明時間。在1、2及6間安裝有同化作用光照系統，此系統依3.2×5m的設計安裝，整間溫室的輻射量大約2,000 lux。這些燈具以成行安裝，可移動燈具的設計極限為3.2×0.5m，可以達到在32㎡上約有1,7000 lux的輻射量。自動控制有兩組計時器在打破暗期上可以充分的運用於植物光週的調節上。

㈢灌溉及施肥：

裝設有噴灑灌溉、點滴灌溉及施肥管線系統。

1.噴灑灌溉系統：

每間溫室均配有獨立控制的噴灌系統，如果植物需要澆水或土壤需要清洗，除了由電腦程式控制外，亦可用手動開關，打開噴灑系統。水由外面的水槽經由PVC或鋁管管路到達植物。每次操作中，每一噴頭可依壓力控制達約200公升的供水量，噴灑時間不得超過此範圍。此外因為幫浦容量關係，只有半數溫室可同時運作。

2.點滴灌溉及施肥管線系統：

第1、2及7間有點滴灌溉系統供應。此系統組成包含水幫浦／混合單元，輸送幹線系統及單株用小滴管在每間的分布系統。此系統的主要目的，在於控制每株植物準確的供水量和在水中的正確的肥料量和pH值。可以減少水分及肥料的用量，並且對植物生長做有效控制。

三、精密溫室控制系統功能之探討

本系現有由荷蘭引進之電腦化控制精密溫室，系統架構上可偵測項目有：室外氣溫、幅射量、雨量（相對值）、風向、及室內氣溫、相對濕度、二氧化碳濃度等。可控制項有：順風向及逆

風向之兩組天窗開啟位置（相對值）、兩組通風扇之開關、水牆加水泵之開關、兩組遮光幕之相對位置、加溫鍋爐之啟動與否、加溫管內水循環泵之開關、管內水溫控制流量閥之位置控制等等。該系統係由荷蘭各方面相關專家與學者，經二十多年之經驗與研究累積所得，唯終究由於當地氣候與臺灣省者差異甚大，而有不宜之處。經過二年多的實際運作之後，初步將該系統特色評估後，描述於后。

㈠精密溫室現有控制系統之特性

1.系統控制方式屬於當地控制（Local Control）：系統中各設備間之資料傳輸，均以電纜直接連繫，無法藉由電信網路等由外地遙控。

2.控制模式係複合環境控制：

溫室系統控制顯然是由多項環境因子所共同參予，而形成複雜的複合環境控制。此種控制模式因參予項目甚多，且所謂之最適環境通常並非一定值而係一範圍，在不同因子之間相互有補償的效果。而為了避免機械設備之開關過於頻繁而易故障，常會設定一最低運轉時段或將控制時段加以區分，而形成不同的上下限範圍。因此，操作時要先設定許多參數，始克進行控制工作。此一特性係精密溫室之所以優於目前一般溫室之主因。

3.屬於集中控制系統：

除於各間溫室的控制盤上，可直接以手動控制選擇開關，加以中斷外，所有的控制皆在主電腦。因此一旦電腦發生故障，所有的溫室皆受影響。而此一溫室係典型的主動型控制，短時間的失控即會造成重大的危害，亟須注意之。

4.系統所紀錄得之數據，不利於再利用：

本系統之紀錄數據，由於除了列表機以外，並無其他的貯存設備。因而每日所測得之數據，經簡單的運算後，便由列表機印出。此後電腦記憶體內便不復存在，再利用十分困難。

5.系統控制程式無法配合本地需求，加以適度的修改：

本系統係由荷蘭各方面相關專家與學者，經二十多年之經驗與研究累積所得，由於當地氣候與本省差異甚大，在實際運作之後，有不適之處亟待加以修改。唯系統控制程式，除了某些參數可以自由設定之外，有關程式本身的法則便無法加以更動，不適合研究工作之用。但若作為生產專用的溫室，則此種作業系統將十分有效，而且不易出錯。

㈡現有控制系統之改善方向及步驟

1.系統架構本土化：

本溫室所有的硬體及軟體設備，皆係由荷蘭引進。主要是考慮到有關溫室電腦化控制方面的研究，當今是以荷蘭最有成就，至1985為止，荷蘭已有4,500臺之電腦用於溫室的環境控制（沈，1987）。此所以本系決定引入荷蘭式溫室之主因。同時為要提升本地此方面的水準，希望能夠徹底的使此一技術在此生根，乃採取整體輸入的方式，希求其週全。然其運轉至今，已逾二年。由於全部設備皆從荷蘭直接進口，多項零件更換不易，尤其是控制系統一旦故障，檢修困難，曠日費時，影響試驗研究甚鉅。為使此一花費三千餘萬元的設備，能有效的發揮其教學與研究的功能，根本之計，在將整個系統之本土化，庶不違背當初引入的目的，並免處處受制於人的困境。針對此一部分，擬採取下列步驟進行：

(1)現有硬體線路分析，找出I／O部分，進行室外氣溫、幅射量、雨量、風向風速及室內氣溫、相對濕度、CO_2濃度等的測定，以明瞭現有各種感測器之特性。

(2)以本系現有之 YOKOGAWA Hybrid Recorder 測量前述各項目，同時記錄各可控制項目相對應馬達，幫浦，流量閥等的狀態，並經由 IEEE-488 的介面傳至 PC 貯存，供分析之用。

(3)分析操作手冊中，各程式可供設定之參數，給予極值，以簡化模擬的流程並試尋求其整個控制系統的可能基本架構，供自行發展系統之基礎架構之用。

(4)利用機器學習的方式，監測前述之各偵測項目與控制項目，參酌程式中所給予的參數，解出其控制法則。

(5)將所得之控制模式與原系統實際運作相驗證，以確保取代該控制系統之可行性。

(6)除溫室之核心控制系統電腦之硬軟體外，其餘週邊控制設備雖較易更換，但硬體架構的維護，仍是相當的繁瑣而重要。因此在剖析控制電腦的硬軟體的同時，將思之以本地產製之產品取代之，使溫室環境控制之電腦化能確實落實生根。

2.系統功能之改良：

系統的本土化工作完成後，將進一步改良原系統之不適合本地氣候條件或栽培作物之部分，使此一控制系統更合乎本地之用。並參酌未來可能有的生產模式（見下節），重新規劃整個系統，以改良其功能。擬採行之步驟如下：

(1)將控制方式由當地改成遙控，日後更進一步建立網路的系統。

(2)各環境控制單位由目前的完全受主電腦控制狀態，轉成能獨立自主控制，但仍受主電腦所管制。

(3)利用機器學習的方式，模擬出栽培者心目中的理想控制法則，完成專家系統。

(4)完成最適化的控制模式。

(5)併入未來作物生產系統的架構中。

四、未來溫室生產系統的展望

由於各種新科技相繼發展成功，應用於農業生產上，將使未來的作物生產體系產生極大的轉變。不單是生產技術的講求，未來在整個社會層面，甚至國際間的相互供需，亦將包含其間，藉以謀求有限資源的最佳化利用。此勢必要藉助資訊的快速取得，與大量資料的分析工作。其所以致此，皆要拜資訊工業發達之賜。Kozai（1985）即提出一個將設施園藝生產，楔合於未來農業作物生產的模式（圖2，Kozai，1988）。其以各大型的核心電腦主機（Coreprocessor）為單位，個自形成一個網路體系。而各體系間亦能相通，以謀求跨國的、不同產業間的或不同地區間的溝通和聯繫。其下有泛用電腦主機（Hostprocessor），具有本身的知識庫與資料庫，可提供較有限度的判斷資訊。更下層則有眾多的子電腦（Subprocessor）系統，每個單獨控制一個或數個的生產區域。此種架構預計在1990年代的初期即可實現。其特色如下：

(一)種苗的供應：經生長點而來的組織培養苗，人工種子和穴植苗的大量供應，皆以自動化的生產單位產生。

(二)生產單位：可以是主動式或被動式的設施，亦可以是開放的田間。由組織培養而來的種苗部分，有時可能要先經過馴化裝置才移到設施或田間。

(三)多用途的農用機器人：取代大部分的人工，具備有智慧型的感測器及專家系統，有自動判別的能力。

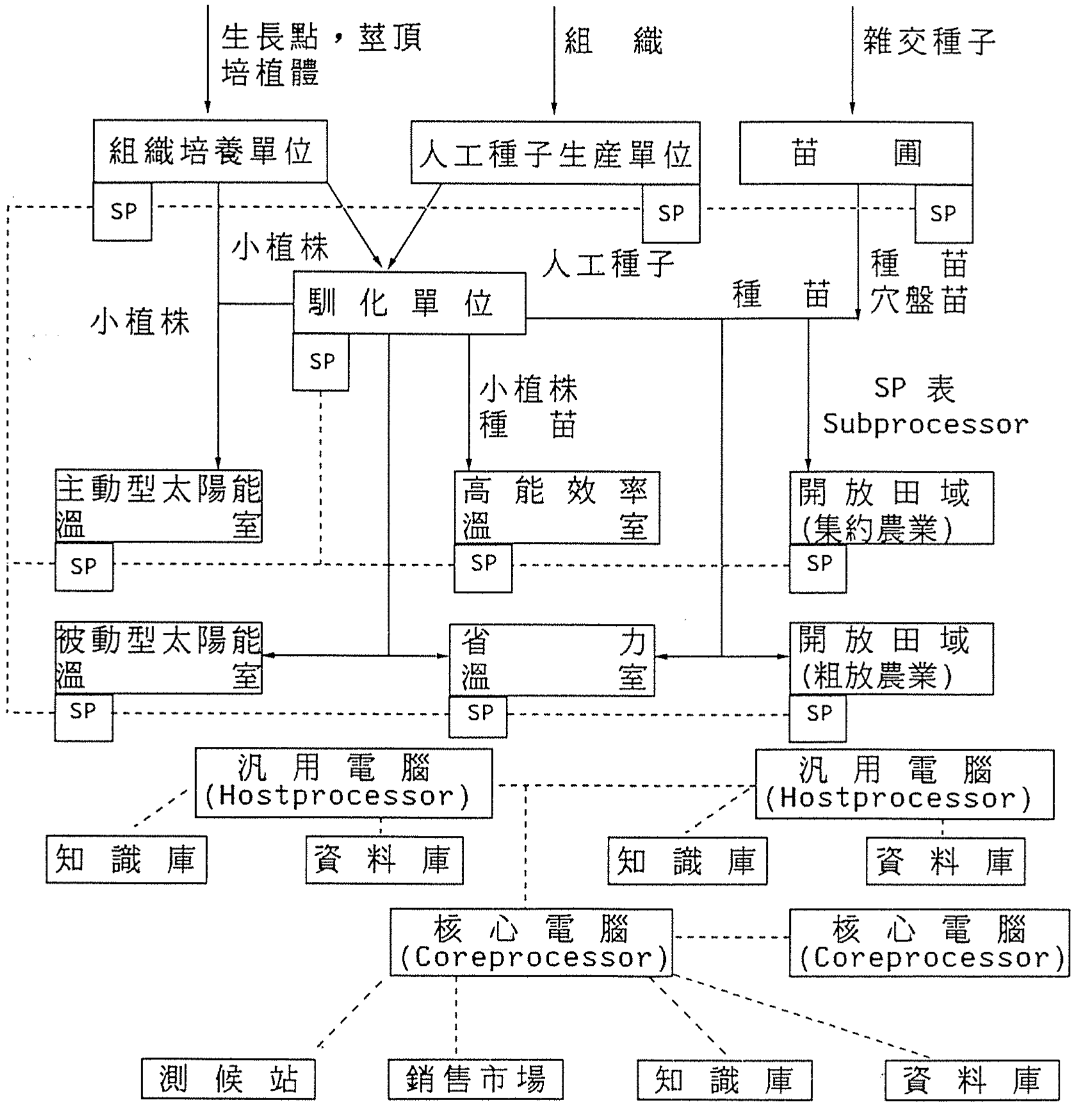


圖 2　未來溫室作物生長系統構成（改繪自 Kozai，1988）
Fig. 2. Schematic Diagram of a Greenhouse Crop Production System (redrawn after Kozai, 1988)

(四)作物與環境資料的取得：以各種的物理、化學、生物的感測器，不斷地收集資料，傳送給子電腦或機器人，供其決定下一步驟的動向。

(五)收集資料的分析：由生產區收集到的資料送往一般泛用電腦主機分析，所得的結果保存在其資料庫或知識庫中，或者傳送給核心電腦貯存。

(六)整體資訊的研判：將由氣象站、市場等其他方面得到的資料併入，以進行較詳盡的分析。分析軟體可自有或由核心電腦提供。分析的結果可供生產者下最後的判斷，或擬定生產作業計劃。某些主動型的系統則可不待生產者決定即自行由系統決定下一步驟，但其主權有限，通常是控制實務上的授權可由系統自主決定。

上述生產系統若要實現，至少有三方面的配合：(一)電腦化智慧資訊網路系統及子系統的建立；(二)自動化技術的發展，使資料讀取及自動控制順利；(三)新資材的開發利用，使智慧型感測，環

境控制等技術更便宜而易行。如此，這種生產模式才有實際應用的可能。基於以上的認識，未來園藝生產系統，以本省的技術，建立出一個此類模式的雛型應是可行的。但實際運作，則尚有待相關條件的配合，如產銷的合理化，氣象預測的準確化等。

五、結　語

表面上看起來，前面所描述的似乎與現在的景象有段差距。但科技發展的步伐愈來愈快，已有許多的新技術應用在日常生活中而不自覺。環境控制、作物經營管理、病蟲害診斷、能減少支出而增加收益的智慧型資訊系統等等的各式專家系統；經由公衆電傳視訊網路而對遠地溫室環境之遙控系統；個人電腦網路系；各種資訊、數據取得及分析整理系統；智慧型感測器的開發；多用途農用機器人的使用；大量繁殖種苗系統的之建立等；各種技術有的已開始應用於園藝生產上，有的則應用在不同的領域，譬如工業、醫學、金融、資訊等方面。因此今天要講設施園藝生產的自動化，不但不是遙不可及，而是現在不做將來可能會後悔的。以荷蘭為例，目前該國又集合了約20位專家，研究新一代的環境控制系統（Challa等，1988）。他們的目標是將物理、植物生理、園藝及系統控制工程等領域的科學知識整合，發展出溫室栽培最佳化的控制系統。另美、日、德等國亦有利用專家系統、人工智慧等方法進行溫室環境控制（Harazono等，1988； Jones等，1988），亦有以影像處理偵測植物生長狀況，供環境控制之用（Hack，1988）。Kano及Shimaji（1988）則將作物模式配合專家系統控制環境。利用機器學習栽培者的控制理念見於Kurata（1988）。只要我們的步伐跟得上時代，則設施園藝產業將充滿光明的前途，而未來的設施園藝生產，也將是令人感到舒適且愉快的工作，因為幾乎所有的事項，皆在適當的控制之下。但在此要特別提出強調的一點是，在引入各種新科技的同時，可靠性與安全性較有效率性更為重要。而我們考慮的目標是長遠的整體利益，而非一時或少數人的利益。因此，今後的發展，除了著重於具彈性的多功能系統外，多多利用自然資源與能源，減少對人工資源與能源的需求，將是應時時銘記在心的。

參考文獻

1. 沈再發　1987　荷蘭之設施園藝概況　設施園藝研討會專集 p.15-29。
2. Challa, H., G. P. A. Bot, E. M. Nederhoff and N. J. van de Braak. 1988. Greenhouse climate control in the nineties. Acta Horticulturae 230: 459–470.
3. Hack, G. R. 1988. The use of image processing under greenhouse condition for growth and climate control. Acta Horticulturae 230: 215–220.
4. Harazono, Y., H. Kamiya and K. Yabuki. 1988. A control method based on an artificial intelligence technique and its application for controlling plant environment. Acta Horticulturae 230: 209–214.
5. Jones, P., B. K. Jacobson and J. W. Jones. 1988. Applying expert systems to real-time greenhouse controls. Acta Horticulturae 230: 201–208.
6. Kano, A. and H. Shimaji. 1988. Greenhouse environmental control system with a crop model and an expert system. Acta Horticulturae 230: 229–236.

7. Kozai, T. 1988. High technology in protected cultivation–from environment control engineering point of view. In: 'Horticulture in High Technology Era' published by 'Organizing Committee of International Symposium on High Technology in Protected Cultivation', May 10–11, 1988, Tokyo, Japan. pp. 1–43.
8. Kurata, K. 1988. Greenhouse control by machine learning. Acta Horticulturae 230: 195–200.

THE SURVEY OF THE AUTOMATED GREENHOUSE SYSTEM

Tsu-liang Chang

Associate Professor

Department of Horticulture, National Taiwan University

ABSTRACT

The protected horticulture has become an important aspect of the horticultural practice in Taiwan during the last few years. This new horticultural practice relies not only on a protecting structure (greenhouse, plastic house, tunnel. . .) but also on the proper control of the environment inside the structure. In passive protected cultivation, the structure, coverings, facilities are designed to minimize the initial and running cost, as well as maximize the use of natural energy and resources. On the other hand, the active control consumes quite a bit of artificial energy and resources. It is generally realized that the active control can get rather good performance of protected horticulture both in quality and quantity. However, the man labor and other artificial energy required for active control normally decreased the economic profit in protected horticulture. Therefore, trying to use automated and computerized control to save the energy and labor cost has become an important research area in this field. The technology required for this task has basically already available in Taiwan, nevertheless, the horticultural production requirements differ from the industry control in two areas: 1) The speed and precision are not as strict as industrial control. 2) Factors involved are more complicated than industrial control. It is, therefore, necessary for us to study this complicated controlling system from a functional perspectives in order to decide the basic requirements of automated system.

As the information science and related industry advanced progressively, the future agriculture production system will be greatly modified. The grower will have various means

to access the market demand, sales information and pricing within minimum time frame therefore their risks of economical loss will be minimized. Through the channel of grower's association, weather forecasting and market forecasting, sales and production are well regulated. The key that links the whole system is the establishment of entire information network. At present, both the information needed for environmental control which fit the crop growth model and individual controllers have not yet been systematized. The database or knowledge base required for this task can be established through the understanding of growth pattern within the controlled environment. The basic premises of proposed controlling system are reliable, stable, energy saving, easy to operate, easy to maintain and relatively inexpensive. In terms of operation, the basic requirements are less labor, higher efficiency, comfort and safety.

An example of the automated greenhouse located in Department of Horticulture, National Taiwan University was given her to illustrate some key points to design an automated greenhouse. The purpose of this study is upgrading our protected horticulture to the level of developed countries.

設施園藝研習會專集 65～75 (1989)

理想栽培介質之調製

王 才 義*

中興大學園藝學系

摘 要

理想的溫室作物栽培介質，尤指容器栽培，可經由人工調製而獲得。這種栽培介質，如果具有可再生產性，則不必全靠天然土壤，將作物生產由被動帶向主動，也是設施園藝主要特色之一。先就介質的物理、化學、生物及經濟特性分析，然後建立標準尺度，以利作物生長期間，水分及養分的管理，藉電腦操作而達自動化生產。

植物科學家，研究植物容器栽培，特別重視栽培介質的物理特性，由於物理特性影響化學及其他特性，而且物理特性間也有交感作用。本報告強調介質粒子大小，孔隙度及有效性水分間的關係。討論專家學者如何研製栽培介質的配方，以及農民栽培者如何利用此種配方，來調製理想的栽培介質。

一、 前 言

土壤是最重要的園藝資源之一，因為土壤是園藝作物栽培介質，提供作物根生長的環境(2,8)。作物根的固著、水分、氧氣、和重要營養要素大多取自土壤；聰明的人類在研究過土壤與作物的關係後，便大膽地使用任何無毒素的物質來栽培作物(8,15)。即使用水亦可栽培，由於營養素很容易溶於水，只要解決植株固定和供氧的問題；最近溫室作物也頗時興養液栽培，本研討會另有專節討論，因此非本報告的範圍。

設施園藝控制栽培環境，使適於作物生長，將作物生產由被動帶向主動。作物地上部的環境控制，已經有很長足的進步，但對於地下部或根的環境控制進展則較緩慢˙。在固定的設施下栽培作物，由於連作土壤劣變，鹽類蓄積，土壤病蟲害滋生，而產生人工調製栽培介質或添加有機物堆肥以改善作物的根環境(2,4,6,7,8,9,10,13,14,16)，不必全靠天然土壤。尤其是溫室作物常利用容器，無論是以栽植床生產切花或盆缽栽培植物，其根生長環境與在大地生長環境有很大差異：介質空間很淺又很小。因此天然的土壤常不適用，而有人工調製的必要。基本上用天然土壤上有很多不便，例如要解決連作病害必須消毒，土壤笨重不利盆花運輸，而好的土壤也不容易獲得；但人工調製的介質，可重複調製具可再生產性，經由對介質理化性等的分析，幾乎可調製獲得相同組成的栽培介質，又可避免病害及雜草，再者是重量輕，可以隨作物的不同而調製理想栽培介質等都是人工介質的有利點(16)。人工調製栽培介質方便控制根環境，是為適應容器栽培所必需。

---

* 國立中興大學園藝系講師

沒有一樣栽培介質，在一種栽培管理下，適合所有的作物生產的[5,8,14]。換句話說，相同的栽培介質，在不同的管理方法，或栽培不同的作物時，會產生不同的結果，因此沒有「完美的」栽培介質，只有「理想的」栽培介質。為適應不同作物的需求，改善根環境，我們可以調製各種「理想的」栽培介質。常聽到這是矮牽牛栽培介質，那是天竺葵栽培介質，而那又是吊盆栽培介質的廣告，但是經不同的生產者使用後，卻反應不同的結果。這是由於所使用的設施和管理不同所致。事實上，用一樣栽培介質，採用不同的管理（施肥，灌水）方法，亦可栽培多種作物，所以宣稱是何種作物栽培介質，必須說明在何種管理方法下才有意義[14]。選擇理想介質適合栽培作物需求，否則改變管理方法因應介質特性[8]。

理想的栽培介質，須具備可再生產性[11,12]。可再生產性的獲致，來自對介質特性的標準化，尤指介質理化性的實驗室分析，才能保證每次調配出來的栽培介質品質組成分一致。商品化的栽培介質，由於注意理化性的標準化，因此比栽培者自己依研究者所公佈的配方，調製得的產品品質一致。似乎有一趨勢，栽培者欠缺標準化的概念，幾次自己調製品質不確定的介質後，轉而向介質公司直接買調配好的標準化產品使用。本報告討論選擇栽培介質的準則，並舉例說明理化性的標準化，特別強調物理特性中粒子大小，孔隙度及有效性水分間的關係，供將來有意從事生產栽培介質資材者參考，同時也是一般設施園藝栽培者所必備的常識。

二、 選擇栽培介質的準則

設施園藝使用栽培介質，傾向選擇低總體密度，多孔物質，以合成或加工物質取代天然土壤的趨勢[15]。有機成分通常為水苔泥炭、鋸屑、樹皮或穀殼農業廢棄物等，無機成分通常為砂、蛭石、珍珠砂等，這兩類成分混合而成[8,15]。選擇時從其生物的、化學的、物理的以及經濟的特性四方面來考慮（表1）。

生物的特性：我們得從二個角度來考慮(一)有害的有機體（病原菌、害蟲及雜草種子）存在與否；(二)是有益的微生物存在與否。絕對無病原菌的物質是不可能辦到的，即使經高溫加工過的蛭石或珍珠砂，也可能被空氣中的灰塵所污染。調配均衡的栽培介質，應檢驗有無被病原菌污染，注意調製場所以及工具的衛生。也有學者建議加入有益的微生物，以平衡病原菌危害[8,9]。

化學的特性：讓人想到的不外乎營養素（Nutrients）、陽離子交換能力（C.E.C.）、緩衝能力（Buffer Cappcity）、pH值、電導度（E.C.）或可溶性鹽（Soluble Salts）以及毒素（Toxins）[8,16]。栽培介質中的營養素含量及陽離子交換能力高否，已不很重要，因為可用施肥技術解決。現代施肥管理採取可溶性恆常施肥（Constant Feeding），幾乎就是 Hydroponic Culture。設施園藝栽培介質並不追求保肥力很高的根介質，人們使用岩棉也可栽培品質產量皆高的番茄，便是例證。高的緩衝能為的是減少栽培介質pH值變化太大，否則在栽培期間，為應作物需求得經常調整pH值以利營養吸收。pH值的調整常用白雲石粉，依栽培作物而定，通常在5.5～6.0之間，又採用以水苔泥炭為主的無土介質可較低些，含土介質則採較高值。栽培介質的電導度高，顯示可溶鹽類太多，易使作物產生鹽害。當然介質中，完全無植物毒物質是最好的，有些介質成分中的毒素經堆積或溶洗後可消失。

物理的特性：肥料可以解決栽培介質中植物營養素的問題，調製栽培介質場所及工具注意衛生，使不污染病原菌之後，最重要的便是介質組成分的物理特性了[8]。重要的物理性（表1）有：充氣孔隙度（Air-filled Porosity）、極有效性水分（Easily Available Water，E.A.W.）、總體密度（Bulk Density）、粒子穩定度（Particle Stability）以及可沾濕度（Wetability）等[8,16]。展著劑的添加，可解決水苔泥炭、樹皮等有機成分乾燥後不易再回潮的問題。成分粒子不要分解得太快，否則產生通氣不良及體積縮小的現象。依植株的固定，選擇穩定的總體密度，總體密度太低則盆花容易倒伏，太高密度則不利搬運。粒子大小公布，影響充氣孔隙度及極有效性水分（E.A.W.）容後討論。

表1 盆缽栽培介質的重要特性

Table 1 Important properties of potting media

特性	說明
生物的	無病原菌及雜草種子，但含有益的微生物或有機體。
化學的	
nutrients	均衡營養素的提供。
C.E.C.	0.05～0.1m.e./ ml。
Buffer Capacity	越高越好。
pH	依栽培作物而定，通常在5.5～6.0。
E.C.	2～11 ds/ m。
Toxins	無植物毒物質最理想。
物理的	
充氣孔隙度	10～50%（V/ V）。
有效性水分	越多越好，至少20%（V/ V）。
總體密度	0.3～0.6g/ mℓ。
粒子穩定度	成分粒子不要分解得太快。
可沾濕度	尤其有機無土介質需加展著齊以利灌水。
經濟的	容易取得，越便宜越好。

經濟的特性：栽培介質成分材料必須容易取得，貨源不絕，而且價格合理。水苔泥炭由於不斷開採使用，將有耗盡的一天，而價格亦逐年提高，便有尋找替代用品的需要。

三、 栽培介質物理特性的標準化

在評估栽培介質的物理特性時，有二套標準為人所知，一是 De Boodt 氏的標準（表2），另一是荷蘭式標準（表3）。De Boodt（1965）所建立的標準，原先是供植床作物栽培參考的，因此在分析測試總體密度，總孔度，充氣度時都不鎮壓。在 pF1～1.7 間的土壤水分含量，叫做極有效性水分（Easily Available Water，E.A.W.）；在pF1.7～2之間的水緩衝能力（Water Buffer Capacity，W.B.C.）。Lemair 氏等（1980）採 E.A.W 和W.B.C.合計為可利用水（Arailabe Water，A.W.）。因此可將表2的標準簡化為在pF1-2之間的水分含量為26～40%。

表 2 De Boodt氏盆花介質物理性標準[2]
Table 2. De Boodt Standards (%, by volume).

Total Porosity	Air Cont. at pF 1	Water Content pF 1—1.7	pF 1.7—2	at pF 2
min.85	20—30	20—30	6—10	15—39

表 3 荷蘭式溫室植床介質物理性標準[2]
Table 3. R H P Standards (%, by volume).

Total Porosity	Solid	Water (at pF 1.5)	Air
min.85	max.15	min.45	min.25

表 3 所列的標準與表 2 有些許差異，這標準是經六十位荷蘭研究人員所訂定的，原先是供調製盆花栽培介質用，現已被 RHP (i.e. the Dutch Controlling System for Commercial Potting Composts) 所採用。因為是供盆花介質用，所以分析測試步驟，對介質和½bar的壓力。在使用上述二套標準評估栽培介質時，要注意鎮壓所產生的差異，表 4 提供測試資料之參考比較[2]。

表 4 總體密度 (g/ mℓ) 和其他物理特性 (%，V/ V) 受鎮壓的影響[2]
Table 4. Bulk density and other physical properties as affected by compress.

	總體密度	總孔度	pF 1.5 固相	pF 1.5 液相	pF 1.5 氣相	氣相 pF1	可利用水 pF1—1	水 pF2
栽培介質								
無鎮壓	0.213	88.6	11.4	55.1	33.5	9.4	34.9	44.3
有鎮壓	0.252	86.4	13.6	64.3	22.1	7.4	27.1	51.9
水苔泥炭A								
無鎮壓	0.097	94.1	5.9	45.8	48.3	24.2	37.2	32.7
有鎮壓	0.167	89.8	10.2	54.6	35.2	11.6	39.9	38.3
水苔泥炭B								
無鎮壓	0.119	92.5	7.5	51.0	41.5	16.9	35.6	40.0
有鎮壓	0.134	91.6	8.4	57.4	34.2	14.0	34.3	43.3
標準		≧85	≦15	≧45	≧25	20-30	26-40	15-39

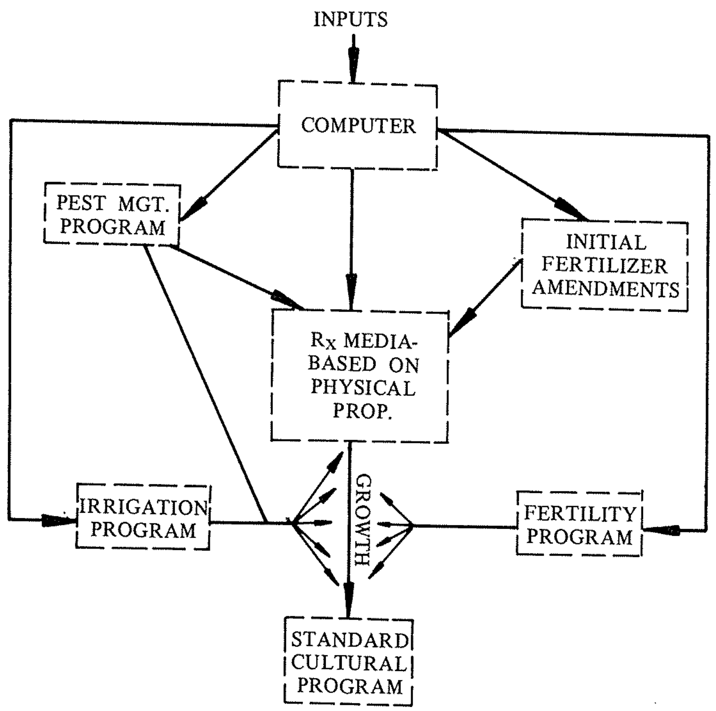


圖 1 電腦整合栽培管理程序[11]
Fig 1. Computer integrated plant cultural management program.

有些文獻以10～100cm水頭張力表示介質的容易被利用水量，也有些以 1～10kPa張力表示[4,5,7,8]。這只是單位的不同，基本概念是一致的。調製栽培介質者，特別重視極有效性水分 (E.A.W.或R.A.W.)，是因為如果栽培介質的 E.A.W.或 R.A.W. 含量高時，則灌溉次數便不必那麼頻繁。在作物栽培期間，根介質最主要的管理是水分和養分，又通常肥料也可溶於灌溉水，因此栽培介質物理特性標準化以後，對於水分及養分便能合理控制。圖 1 是栽培介質實驗室分析資料標準化，與電腦操作可能的程序結合，也是設施園藝邁向自動化管理所必經之途。

四、 介質粒子大小、孔隙度與有效性水分

研究容器植物栽培的科學家，特別重視栽培介質的物理特性[1,3,4,5,6,7,11,12,16]，由於物理特性影響化學及其他特性，而且物理特性間也有交感作用[8,11,12]。專家研究混合介質配方，心中常存一個非常重要的標的：要尋找充氣孔隙度 (Air-filled porosity at container capacity) 和極有效性水分的平衡點。這個關鍵在於介質成分粒子大小分布 (Particle-Size distribution)。Richard 氏等 (1964) 宣稱實驗室分析培養土 (Soil mix) 的粒子大小分布，所得的數據，遠不如其他物理性，如總體密度，水導度或水分釋放率來得有意義[7]。Hoitink 和 Poole (1980) 也指稱，毫無公式可解釋粒子大小分布與空氣充氣孔隙度和有效性水分之間的關係[7]。因此很少人重視介質粒子大小分布的測定分析。

栽培介質中，"粗"粒子提供"開放"的空間而充滿空氣；而"細"的粒子填塞孔隙，增加保水力，減少充氣孔隙度。這層道理我們很容易明白。但是"粒子之大小"，必須有具體的數字範圍。最近 Handreck 氏 (1983) 的報告非常實用具體，介質粒子大小分布的測定分析重被重視[1,4,5,11,12]。

圖2是以蒙達利松（*Pinus radiata*）樹皮介質測試所得的結果，顯示小於0.5mm粒子顯著地影響充氣孔隙度和有效性水分含量，大於0.5mm粒子使得介有較大的充氣孔隙度因此有效性水分含量很少。表5及表6更進一步說明小於0.5mm砂粒子對粗松樹皮有效性水分含量及充氣孔隙度的影響。原粗松樹皮介質的有效性水分含量僅3%，在加入各種小於0.5mm砂比率時，有增加有效性水分的效果，以在0.1-0.25mm砂粒效果最佳（表5）。原粗松樹皮的孔隙度是48%，在加入小於0.5mm砂後，充氣孔隙度減少，尤以小於0.25mm的粒子影響較0.25-0.5mm間的砂粒子之影響為顯著（表6）。

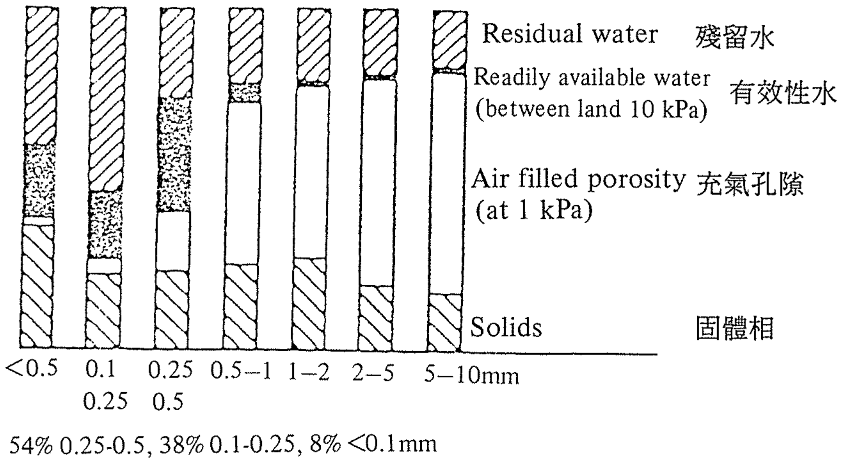


圖 2　蒙達利松樹皮介質粒子大小分布與充氣孔隙度與有效性水分之關係[8]

Fig 2.　The relationship among distribution of particle size, air-filled porosity and available water for Pinus radiata bark.

表 5　小於0.5mm砂粒子對粗松樹皮介質有效性水分之影響[7]

Table 5. Water released between 1 and 10 kPa suctions from mixtures of a coarse grade of pine bark (0.5–5.0 mm*) and various sand fractions. The coarse bark mixture released 3 volume % water. All figures are volume percent of the mix. (From Handreck, K.A. Comm. Soil Sci. Plant Analysis 14: 209, 1983)

Sand fraction (mm)	Ratio of coarse bark to sand (by volume) 20:1	10:1	7:1	5:1	3:1	2:1
0.05–0.1	5	4	8	9	8	–
0.05–0.25	7	9	12	13	13	13
0.05–0.5	6	6	12	16	14	16
0.1 –0.25	6	12	13	14	17	19
0.1 –0.5	6	9	11	15	17	21
0.25–0.5	4	8	13	9	14	14

* The coarse bark contained equal propotions by volume of 0.5–1, 1–2, and 2–5 mm fractions.

表 6　小於0.5mm砂粒子對粗松樹皮介質充氣孔隙度之影響[7]

Table 6. Air-filled porosities at 1 kPa suction of mixtures of a coarse grade of pine bark (0.5–5.0 mm*) and various sand fractions. The air-filled porosity of the coarse bark mixture itself was 48%. All figures are are volume percent of the mix. (From Handreck, K.A. Comm. Soil Sci. Plant Analysis 14: 209, 1983)

Sand fraction (mm)	Ratio of coarse bark to sand (by volume) 20:1	10:1	7:1	5:1	3:1	2:1
0.05–0.1	38	33	30	23	18	–
0.05–0.25	36	29	25	19	14	7
0.05–0.5	37	35	25	25	21	10
0.1 –0.25	40	28	27	24	17	7
0.1 –0.5	38	33	29	26	20	15
0.25–0.5	42	40	32	34	27	28

*The coarse bark contained equal proportions by volume of 0.5–1, 1-2 and 2-5 mm fractions

是否其他的物質也與砂粒一樣，對粗松樹皮介質的充氣孔隙及有效性水分也有相似的效果呢？從表7的數據，可以獲得肯定的答案。就泥炭土、樹皮、砂、鋸屑、珍珠砂和蛭石而言，0.1-0.25mm的粒子減少充氣孔隙度度以及增加有效性水分含量，顯然比0.25-0.5mm的粒子效果來得大些。就中以泥炭土的保持有效性水分能力最高。珍珠砂減少充氣孔隙度效果小，蓋由於珍珠砂粒子中又有孔隙之故。

表 7　不同的成分物質對粗松樹皮介質充氣孔隙和有效性水分之影響[7]

Table 7. Comparative effects of different components on the physical properties of the coarse bark mixture. All figures are volume percent of the mixture. (From Handreck, KA. Comm. Soil Sci. Plant Analysis 14: 209, 1983)

Amendment	Ratio of	Particle size range			
		0.25–0.5 mm		0.10–0.25 mm	
	Coarse bark mixture/ amendment	Air-filled porosity at 1 kPa suction	Water released between 1 and 10 kPa suctions	Air-filled porosity at 1 kPa suction	Water released between 1 and 10 kPa suctions
Peat	5:1	31	13	15	22
Bark	5:1	33	9	21	16
Sand	5:1	34	9	24	14
Perlite	5:1	37	10	29	14
Vermiculite	5:1	31	11	20	13

極細的粒子（小於0.05㎜）對栽培介質影響，從表 8 的實驗數據，可窺見端倪。在減少充氣孔隙度上非常顯著，但是在增加有效性水分上則很有限。

從上述的資料討論，歸納為以下供調製栽培介質時參考：

表 8　極細的粉碎石英（＜0.05mm）粒子對樹皮/ 砂混合介質之影響[7]

Table 8. Effect of very fine particles of crushed quartz (＜0.05mm) on the properties of barklsand mixes. The barklsand mix was that listed in the fourth line of Tables 5 and 6 sin the 5:1 ratio column (From Handreck, K.A. Comm. Soil Sci. Plant Analysis 14: 209, 1983)

Fines in the mix (%)	Total porosity (volume %)	Air filled porosity at 1 kpa suction (volume %)	Water released between: (volume %)		
			1& 10 kpa suctions	10 & 300 kpa suctions	1 & 300 kpa suctions
0	66	24	14	8	22
10	63	18	14	10	24
15	61	16	11	13	24
20	57	10	11	15	26
30	54	5	7	19	26

五、參　　考

1. 如果要調製非常高充氣孔隙度的栽培介質時，通常充氣孔隙度高於50%，成分粒子大多數必須大於0.5㎜。而小於0.5㎜／的粒子，最好不要超過5%。
2. 一般通用的栽培介質，充氣孔隙度在15～25%之間，其成分粒子在0.1-0.5㎜者，不可超過25%。可以有少量的細粒子，要是0.1～0.25㎜的粒子含量高時，得調增0.25-0.5㎜的粒子含量。而小於0.1㎜的粒子含量上限是10%。
3. 如果要獲得充氣孔隙度15%以下的栽培介質，其成分粒子小於0.5㎜者，得含約40%。
4. 通常混合獲得充氣孔隙度和有效性水分含量，都很均衡的栽培介質時，成分粒子大在0.1-0.25㎜者，得佔的20%。如果是使用水苔泥炭，則此種粒子只要佔15%即可。
5. 佔高比率的細粒子（小於0.1㎜）也會減少有效性水分，但不如其影響充氣孔隙度的效果。
6. 並非所有栽培的植物，都要生長快速。例如室內植物，我們並不希望它成長得太好，因此我們調製此種介質時，要注意劣勢有效性水分（Less-easily available Water），亦即介質在10～300kPa張力，所釋放的水分含量就非常重要。表 8 顯示在含較高比率的小於0.1㎜粒子時，此種劣勢有效水分含量較高。

現在更進一步舉例說明，在調製栽培介質時，如何利用網篩。如果可能將介質成分以不同網篩，分析成分粒子分布，越仔細越能精確的控制物理性質。最起碼必備三種網篩，亦即30網目篩可分出大於0.5㎜的粒子，60網目篩可分出0.25㎜粒子，以及150網目篩可分出0.1㎜粒子，剩下來就是小於0.1㎜粒子了。今有三種成分，欲混合為栽培介質，計算如表 9。

表 9　利用網篩調製精確物理特性的栽培介質

Table 9. Using sieves to control physical properties.

成分	＞0.5mm (30＋mesh)	0.25–0.5m (60–30mesh)	0.1–0.25mm (150–60mesh)	＜0.1mm (PAN)
A	70	10	15	5
B	60	15	22	3
C	45	35	10	10
3:1:1	210	30	45	15
	60	15	22	3
	45	35	10	10
	315	80	77	28
÷5	63	16	15.4	5.6
此混合介質充氣孔隙度可能低於15%，如要提高可改採試：				
4:1:0.5	280	40	60	20
	60	15	22	3
	22.5	17.5	5	5
	362.5	72.5	87	28
÷5.5	66	13	16	5
如此混合介質充氣孔隙度可改善爲20%				

六、結　　語

專家在研製一種栽培介質時，常作通盤的考慮，如表一所羅列的生物的、化學的、物理的以及生物特性。並且就上述特性做一標準化，以利商品的流通，方便品質分析測試。沒有一種栽培介質配方能適應不同的栽培管理方式，或者各種不同性質的作物。因此必須調整介質配方，來適應作物及栽培管理方法；或者改變作物及栽培管理方法來因應介質。今後栽培管理的方式，將會是朝自動化栽培管理的方式，因此栽培介質的特性有待標準化。而對於栽培介質之管理，不外乎灌水及施肥，所以調製栽培介質以平衡充氣孔隙度及有效性水分含量等物理特性最重要。如果沒有介質粒子大小分析資料，徒有栽培介質配方並不能告訴你什麼。例如一樹皮／鋸屑／砂　2：1：1配方混合介質，裝在淺盆缽裡，其充氣孔隙度可以是0%，也可以是30%，關鍵在於成分粒子的大小分布而已。

參考文獻

1. Bilderback, T. E., W. C. Fonteno, and D. R. Johnson. 1982. Physical properties of media composed of peanut hulls, pine bark, and peatmoss and their effects on azalea growth. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107(3): 522–525.
2. Bik, R. A. 1982. Substrates in floriculture. Proceedings 21st International Horticultural Congress. Vol. II: 811–822.
3. Bugbec, G. J. and C. R. Frink. 1986. Aeration of potting media and plant growth. Soil Seience 141(6): 438–441.
4. Bunt, A. C. 1983. Physical properties of mixtures of peats and minerals of different particle size and bulk density for potting substrates. Acta Hort. 150: 143–153.
5. Fonteno, W. C., D. K. Cassel, and R. A. Larson. 1981. Physical properties of three container media and their effect on Poinsettia growth. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106(6): 736–741.
6. Hanan, J. J. 1981. Bulk density, porosity, percolation and salinity control in shallow, freely draining, potting soils. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106(6): 742–746.
7. Handreck, K. A. 1983. Particle size and the physical properties of growing media for containers. Commun. in Soil Sci. Plant Anal. 14(3): 209–222.
8. Handreck, K. A. and N. D. Black. 1984. Choosing materials for potting mixes. IN: Handreck, K. A. and N. D. Black, Growing Media for ornamental plants and Turf. chap. 13: 103–123. NSWU Press, Australia.
9. Hoitink, H. A. J. and P. C. Fahy. 1986. Basis for the control of soilborne plant pathogens with composts. Ann. Rev. Phytopathol. 24: 93–114.
10. Lunt, O. C. 1957. Ornamental crop production. Cal. Agr. 11(4): 15, 18.
11. Pokorny, F. A. 1981. Rx media-a concept for container plant production. ASAE paper No. 81–1089.
12. Pokorny, F. A., P. G. Gibson, and M. G. Dunavent. 1986. Prediction of bulk density of pine bark and/or sand potting media from laboratory analyses of individual components. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111(1): 8–11.
13. Richards, S. J., J. E. Warneke, A. W. Marsh, and F. K. Aljibury. 1964. Physical properties of soil mixes. Soil Sci. 98: 129–132.
14. Weiler, T. C. 1986. Go for the best mix–Rationally. Amer. Vegetable Grower Feb.: 40–41.
15. White, J. W. 1974. Criteria for selection of growing media for greenhouse crops. Flor. Rev 145(4009): 28–30, 73–74.
16. Wilson, G. C. S. 1983. The physico-chemical and physical properties of horticultural substrates. Acta Hort. 150: 19–32.

討　論

王銀波（中興大學土壤系）問：

介質粒子大小，可影響排水與通氣，但很多植物若能用不同介質再加上不同粒子大小，使栽培介質非均一化，以供根之不同需求的觀點，不知你的意見如何？

王才義（中興大學園藝系）答：

目前用得最多的無土介質為樹皮及泥炭苔，由粒子大小考慮，可以解決水耕管理及通氣上的問題；而營養問題，可以調節配方來解決。水耕栽培中發泡煉石即是以粒子大小來分級使用。

CONSTRUCTION OF A DESIRED GROWING MEDIUM

Tsai-yih Wang

Instructor of Dept. of Horticulture
National Chung-Hsing University

ABSTRACT

Desired growing media for greenhouse crops grown in containers can be obtained through the precise control and manipulation of many properties to satisfy the requirement of reproducibility. Reproducible results are desirable in order that standardized cultural practices may be used to obtain active crop production instead of passive crop production. This is one of unique characteristics of protected horticulture. At first, the physical, chemical, biological, and economic properties of growing media should be investigated, then their standards would be created; and a growing medium could be selected by computer on the bssis of known crop requirements. That would offer the greenhouse grower an integrated cultural management program to suit automation.

Plant scientists who study container plant growing especially concerned about the physical properties of potting mixes since the physical properties effect on chemical and other properties. In addition, there existed interaction between physical properties. The relationship of particle size, porosities, and available water of growing media is stressed in this report. How to develop a medium formula by specialists, and how to use the formula to construct a desired growing medium by growers are discussed.

設施園藝研習會專集 76~82 (1989)

炭化玉米穗軸之利用

王昭月 鄭榮瑞 林滄澤 林學正*
台南區農業改良場

摘 要

炭化玉米穗軸分別與發泡煉石或珍珠砂及泥炭苔調配（體積比1:1:1），可用於百合及蝴蝶蘭栽培，其百合切花品質優於露地栽培，蝴蝶蘭苗之總葉面積增加率較椰子殼高40%。此外，炭化穗軸與細蛇木屑或細珍珠砂及泥炭苔混合（體積比1:1:1）利用於三色董及番茄育苗，可較進口介質便宜。

一、前 言

傳統作物栽培，主要以土壤作為生產介質。土壤除具備有固定植物的功能，也提供植物生長所需的有機質、無機養分及水分。但由於經年來之耕作栽培後，容易發生連作障害。加上近年來育苗，盆栽企業栽培蓬勃發展[4]，以往以土壤調配之培養土，不但有重量大或通氣不足的缺憾，也因為容易攜帶病菌，在栽培管理、運銷進出口檢疫均造成不便；而好氣性甚高的蘭科作物及部分經濟生產的觀賞蕨類（Boston fern）亦需無土栽培，故每年需自國外大量進口無土介質如泥炭苔、發泡煉石、或珍珠石、蛭石原料[1]或調配完全之培養土進口，唯價格偏高，增加生產成本，國內農民傳統沿用之蛇木屑因經歷多年的採擷，而未加以保護繁殖，未來的生產量降低未能因應栽培的龐大需求量。因此開發一種價廉，實用性廣的新介質為生產要務之一。

玉米為大宗的雜糧作物，以1987年統計本省年栽培面積達79,327公頃，年產量306,902公噸，折算其脫粒後的廢玉米穗軸計 64,611公噸，將穗軸處理再利用於栽培，不啻具有開發新介質及解決廢料問題之雙重目的。尤其經炭化處理後的玉米穗軸其通氣性好，乾淨可作為無土栽培及調配盆栽介質利用。

二、玉米穗軸粉碎與炭化處理

(一)玉米穗軸粉碎：

乾燥的玉米果實，以玉米脫粒機，配合一貫作業系統，將脫粒後的穗軸，輸送至軋碎機，即可一併將玉米穗軸粉碎。粉碎程度依栽培作物種類及應用方式而異。一般用於花卉栽培或盆花栽培可以33m／m× 55m／m網目之軋碎機，顆粒適宜，其工作能量高（3,200kg／hr）；而用於育苗者為較細顆粒，須再以12.5m／m孔徑之細粉碎機粉碎，工作能量1,800kg／hr。經粉碎完畢的玉米穗軸可輸送，經自動包裝機，填裝每袋18公斤以備利用。

*台灣省台南區農業改良場助理、助理研究員、助理及場長

(二)玉米穗軸炭化處理

於玉米穗軸內含大量有機養分及醣類、蛋白質，故以青玉米穗軸栽培容易長蟲或發黴，影響作物生產品質及造成管理不便。若將粉碎後之玉米穗軸予以炭化處理可改善其弊病。

目前以200公升的炭化燻燃器，每次燻燃80公斤的玉米穗軸計須2小時，玉米穗軸經炭化後體積大約少2／3，炭化後的玉米穗軸須以水澆透，以防灰化。冲水之水分蒸發後即完成炭化穗軸手續。

(三)炭化玉米穗軸酸洗處理

炭化後的玉米穗軸呈強鹼性pH9.8，直接用於栽培，則不利於種子發芽及作物根系生長。經試驗以各種稀釋酸液及過磷酸鈣稀釋液處理。結果以0.3%或0.4%的過磷酸鈣之酸化效果最佳。經24小時酸洗（w／v：1：10）炭化玉米穗軸由原pH9.8分別降至pH7.1，pH6.4。如欲再降低酸度，可以用0.5%的過磷酸鈣以W／V＝1：20，再酸洗24小時，可將酸度降至pH5.2。

由於過磷酸鈣為肥料之一取得容易，酸洗操作簡便，且可以有效的解決炭化穗軸強鹼問題，使其適於栽培利用。故而後酸洗處理均以過磷酸鈣為酸化劑。

三、炭化玉米穗軸特性

原炭化玉米穗軸pH9.8，EC值3.23mmhos／cm，以過磷酸鈣液可酸洗至中性或微酸性。如以0.3%過磷酸鈣液對炭化玉米穗軸w／v＝1：10，浸洗24小時測定理化特性，其pH7.4，EC值1.6mmhos／cm。氮含量0.21%，磷含量0.08%鉀含量0.40%，鈣含量0.79%，鎂含量0.23%，最大容水量2.8g／g，保水量206%。

四、炭化玉米穗軸栽培利用

(一)蝴蝶蘭盆花栽培：

蝴蝶蘭為高經濟價值盆花之一，本省地處亞熱氣候尤適栽培[2]，因此在氣候條件優良和花農栽培技術日益進步的雙重配合下，已邁向企業化生產，栽培量逐年增加，但傳統使用的蛇木屑栽培介質，產量不足以應需求，加上蛇木屑本身容易分解碎爛，須年年更新，增加業者生產成本。

就單一介質栽培，理化性質易有缺失，故一般無土栽培多以2～3種介質混合，以達到互補效應。筆者於77年9月29日以葉距15cm，3葉的白花蝴蝶蘭小苗作為供試材料，將炭化穗軸調配泥炭苔（Peat moss）及發泡煉石（Leca）或珍珠砂（Perlite）與花農慣用之蛇木屑或椰子殼為主的介質進行栽培比較，供試介質調配如下：

1.炭化玉米穗軸（pH7）＋發泡煉石＋泥炭苔（1：1：1）
2.炭化玉米穗軸（pH6）＋發泡煉石＋泥炭苔（1：1：1）
3.炭化玉米穗軸（pH5）＋發泡煉石＋泥炭苔（1：1：1）
4.炭化玉米穗軸（pH7）＋珍珠砂＋泥炭苔（1：1：1）
5.炭化玉米穗軸（pH6）＋珍珠砂＋泥炭苔（1：1：1）
6.炭化玉米穗軸（pH5）＋珍珠石＋泥炭苔（1：1：1）
7.蛇木屑（2號）＋珍珠砂＋泥炭苔＋碎石頭（2：1：1：1）
8.全量椰子殼

結果以炭化玉米穗軸混合成之介質，其葉面積生長量均較椰子殼為高；另外除pH5之炭化穗軸加發泡煉石加泥炭苔或pH7之炭化穗軸加珍珠砂＋泥炭苔較蛇木屑為主之生長較低外，炭化穗軸混合介質均優於蛇木屑的葉面積生長增加量（表１）。其中以炭化穗軸（pH7）加發泡煉石加泥炭苔之增加量最高，較原定植初的總葉積增加40.2%（表１）。

表１ 炭化穗軸介質對蝴蝶蘭葉面積生長之影響

Table 1 The effect of growing media mixed with carbonzied corncobs on the leaf growth of Phalaenopsis。

介 質 media	總葉面積leaf area (cm²) initial	100days	總葉面積增加 (cm²) leaf area increase	增加率（%）[1] increasing Percentage
pH7穗軸＋煉石＋泥炭苔	68.0	95.6	27.6a	40.2a
pH6穗軸＋煉石＋泥炭苔	57.9	70.8	12.9ab	21.9ab
pH5穗軸＋煉石＋泥炭苔	68.8	77.3	8.5bc	12.3b
pH7穗軸＋珍珠砂＋泥炭苔	67.4	68.8	1.5bc	0.3b
pH6穗軸＋珍珠砂＋泥炭苔	79.7	95.6	15.9ab	21.3ab
pH5穗軸＋珍珠砂＋泥炭苔	71.1	84.4	13.3abc	19.0ab
蛇木屑＋珍珠砂＋泥炭苔＋碎石	67.8	80.3	12.5abc	18.2ab
椰子殼	74.1	72.0	-2.1c＊	-0.3b

1.增加率係以增加總葉面積/ 原葉面積總合

2.完全逢機區集，以Dnucan分析，顯著水準5%

＊老葉掉落多，總葉面積降低

㈡百合切花及球根栽培

由於姬百合、葵百合的花型華麗、花期長，受國內消費喜愛，成為新興花卉之一。目前球根多自荷蘭進口，可作盆花或切花栽培。為提高其切花品質及配合盆花栽培。本場於76年度以炭化穗軸介質利用於葵百合（Lilium cv. Stagazer）栽培，將炭化穗軸調到pH6.8～7.0左右，分別以(A)炭化穗軸＋發泡煉石＋泥炭苔（1：1：1）(B)炭化玉米穗軸＋珍珠砂＋泥苔（1：1：1）兩配方與商售介質根基旺(C)，並以露地栽培(D)為對照，進行百合切花栽培比較。各介質厚度均為30cm，栽培床1.1×1.1M，行株距12×15cm。自77年12月８日定植後83天切花採收。經切花採收收調查結果切花莖長度以炭化玉米穗軸＋發泡煉石＋泥炭苔最長35.6公分，露地栽培最短26.5公分（表２）。花朵數以根基旺介質較多為1.6朵，百合鱗球產量各介質間無顯著差異，但較露地栽培為高，差約1.5倍，另瓶插壽命及採收鱗球平均之周徑均無顯著差異（表２）。

表２ 炭化穗軸介質對百合切花之影響

Table 2 The effect of growing media mixed with carbonized corncobs on the cut flower of lily

介質 Media	花莖長 (cm) Stalk	花朵數 Floret/ stalk	瓶插壽命 (day) Vase-life	平均球徑 (cm) Circle of bulb	鱗球產量[1] (g) Bulb yield
穗軸＋煉石＋泥炭苔	35.6a	1.2b	8.2a	12.1a	561.8a
穗軸＋珍珠砂＋泥炭苔	32.6ab	1.2b	8.4a	13.0a	554.6a
根基旺	34.8a	1.6a	8.7a	13.3a	492.9a
露　地	26.5b	1.2b	8.6a	12.2a	376.3b

註：1.產量係以小區面積 1.2 M² 計

2.完全逢機區集設計經 Duncan 分析，顯著水準 5%

為進一步控討炭化穗軸二年栽培利用之可行性。於77年９月９日將上一年栽培過的炭化穗軸介質，再作姬百合（Lilium cv. Polyanna）及葵百合（Lilium cv. Stargazer）球根培養。原姬百合進口球根周徑14cm單球重35g，葵百合周徑12cm，平均單球重25g，經介質栽培120天，採收球根，除露地栽培球根變小外，其餘球根在無土介質中，不論周徑及單球重均大於原球（表３）。各無土介質的採收球根差異不大。

表３ 炭化穗軸介質二次栽培對百合球根之影響

Table 3 The effet of growing media mixed with carbonized covncobs on the growth of lily bulb

介　質 Media	品種 'Polyanna' 周徑（cm） Circle	單球重（g） Wt/ bulb	品種 'Stagazer' 周徑（cm） Circle	單球（g） Wt/ bulb
穗軸＋煉石＋泥炭苔	15.9a	40.8a	15.1a	31.0a
穗軸＋珍珠砂＋泥炭苔	16.4a	42.7a	14.2a	24.1ab
根基旺	16.3a	45.9a	14.4a	25.6ab
露　地	13.3b	23.6b	12.5b	18.8b

註：1.炭化穗軸調至 PH7

2.完全逢機設計，經 Duncan 分析顯著水準 5%

㈢番茄與草花育苗

番茄與三色菫草花栽培須經育苗手續。可用細炭化穗軸（5m／m以下）混合作為育苗介質。初步試驗結果，將調整到pH7的炭化穗軸混合較細之介質，以下列三配方育苗效果為佳。

1.細炭化穗軸＋細蛇木屑＋泥炭苔（1：1：1）
2.細炭化穗軸＋細珍珠砂（2號）＋泥炭苔（1：1：1）
3.細炭化穗軸＋細珍珠砂（2號）＋細蛇木屑＋泥炭苔（1：1：1：1）

以上經與進口育苗介質 Peat-Lite Mix 育苗比較。番茄於播種後37天均可達定植期；三色菫則於45天後達定植期。二種作物育苗初期均以進口介質 Peat-LiteMix 為佳。但經每5-7天施用花寶2號（N：P：K＝20：20：20）稀釋1,000倍之液肥，則至幼苗後期生育而言，差異不大。

五、結　　語

在設施集約栽培下，土壤連作、消毒或培養土之取得與調配，已成為切花栽培及苗圃業者的生產問題[1-5]。由於利用無土栽培，易於控制介質理化性質，可以配合各類作物生長，提高生產品質；一方面無土介質便於栽培工作之操作，及盆栽苗株之運輸銷售。故因應需求，國內外業者除致力開發利用自然資源作為栽培介質外[1]，有效的利用農工業廢料或副產品開發成新介質，亦可達降低生產成本目的。

由於炭化穗軸通氣，排水性優，適宜作無土介質材料，可供無土栽培，盆栽及育苗利用。將其混合泥炭苔及珍珠砂或蛇木屑調配成栽培介質每公升僅須台幣3～3.5元較市售無土介質或進口介質5～8元便宜1～1.6倍，又可有效解決玉米考種後穗軸廢料，故兼具降低成本及廢物利用之雙重目的。唯經試驗炭化穗軸混合量不宜超過1／3，其介質理化性質適宜直接栽培或育苗利用。

參考文獻

1. 李　哖　1987　花卉之無土栽培　花卉生產改進研討會專集　18～26
2. 林菁敏　1983，溫度　無機養分與栽培介質對蝴蝶蘭生長與開花之影響　台灣大學　園藝研究所碩士論文
3. 陳寶玉譯　1986　溫室管理　P273～301　五洲出版社。
4. Edmmds, J. 1983. Container plant manual. Grower books, London 55–71.
5. Nelson, P. V. 1985. Greenhouse Operation and Management. 3rd ed., Reston Pub. Co. Inc. pp598.

討　　論

翁仁憲（中興大學植物系）問：

酸洗可否用混合過磷酸鈣粉末代替？

王昭月（台南區農業改良場）答：

過磷酸鈣粉末酸化處理會釋放出H^+達到酸化效果，而酸洗過程較費事，但可粉碎可配合機械使用，不酸化處理亦可直接使用，但混合比例必需降低，因pH值較高，如混合比例降到1／4時，影響並不很大。

林學正（台南區農業改良場）補充：

碳化玉米穗軸顆粒較大，空隙大，可直接使用過磷酸鈣粉末調整pH值。

賴森雄（亞蔬中心）問：

番茄何時播種？為育苗日數需37天？

王昭月（台南區農業改良場）答：

因大約在十二月至一月播種，故育苗日數達37天。

葉節耀（台灣省農業試驗所）問：

玉米穗軸炭化利用燻燒法，減少2／3體積，是否會造成第二次空氣污染？是否利用微生物方式製成堆肥更為合理？

林學正（台南區農業改良場）答：

玉米穗軸含有腊質，要發酵成堆肥所需時間較長，較不經濟，台大有位教授正在做此研究。在炭化時體積減少，其大部份為水份，所以應不致造成污染。

THE UTILITY OF CARBONIZED CORNCOB

Jau-yueh Wang, Jung-jui Cheng,
Jsang-tzer Lin and Shue-cheng Lin

Assistant, Assistant Agricultural Mechannist, Assistant and Horticulturist
Tainan District Agricultural Improvement Station

ABSTRACT

The mixtures of carbonized corncobs with peatmoss and Leca or perlite (v/vl:1:l) were used as growing media for lily and Phalenopsis. The flower quality which were cultured with mixed media was better than that with soil. Also, the increase of total leaf area for Phalenopsis in the media of carbonized corncobs was 40.2% higher than that in the media of coconut shells.

While the carbonized corncobs were mixed with peat moss and treefern or perlite (v/v 1:1:1) as seeding media for pansy and tomato. The seedling quality in then was good, and the price of corncob is much cheaper than that of the commercial growing media.

穴盤（Plug）育苗系統之介紹

林　瑞　松*
台灣省農業試驗所園藝系

摘　　要

穴盤育苗在歐美風行帶給育苗事業新的境界，特別是有效率地使用機械，在時間上、勞力上的經濟節省。由於每一種苗事實上生存於自己的小穴（Cell），在光線、水份、養份的競爭是互不侵犯，是獨立的，因此生長快速品質良好。另外作物育苗上之時間的集約有利於栽培面積之安排。疾病控制方面，也因栽培容器之隔離，病害傳染不若苗床之快速。而種苗保持在穴盤上直至移植，運輸搬運十分方便。當然此一育苗系統亦有缺點，初期投資大，例如播種機之購置，穴盤之投資，與技術之專業化。無論如何，育苗品質優良，投資回收很快，利用穴盤育苗須注意發芽與育苗條件須控制在適當的光、溫度、濕度、營養元素之需求下。生產者必需熟練育苗之基本原則，技巧地操作生產始能達到高品質的種苗生產目標。本文介紹穴盤育苗技術、條件控制及注意事項。

一、前　　言

穴盤育苗促使花卉事業、種苗事業進入機械化發展，穴盤育苗有許多傳統育苗所沒有的優點。機械化的操作使整個育苗過程中，無論在時間、空間、勞力上作有效率的運作。而育出的種苗健壯、品質優良一致，縮短作物生產的時間。但是在操作的過程中，由於設備、技術、資本的考慮，仍會有許多困難出現。另外由於穴盤育苗體積小淺盤的特性，處理不當會有許多缺點出現。無論如何根據美國專業植物生產協會統計花壇植物在1987年之銷售金額已佔全部花卉之52%，而這些植物生產又以鳳仙花、天竺葵、矮牽牛等三種領先。穴盤育苗將滿足酷愛蒔花的消費者，不必自行育苗。而在蔬菜、菸草之育苗事業也將有革命性之發展。近十年來的發展，穴盤育苗有其不便之處及缺點，茲列舉如下：

1. 育苗期間如遇低溫，需要加溫，特別是夜間低於70°F時。
2. 穴盤之使用與維持費用。
3. 發芽初期之猝倒症。
4. 育苗後期之猝倒症。
5. 移植後，種苗溫度之適應。
6. 育苗介質緊密，導致排水不良，不易控制。
7. 介質中過多的可溶性鹽。

* 台灣省農業試驗所園藝系副研究員

8.介質的特性偏微酸性，易發生磷吸收效率不佳，發生磷之缺乏症。
9.澆水過多，易發生漬水現象。
10.成長過度，植株瘦長，溫度、肥料、水分稍有不當，植株生長不良，易有徒長現象。
11.穴盤育苗如配合不上市場需要，大量生產而滯銷時，可售期間短時易遭損失。

無論如何，穴盤育苗所帶來革命性的發展是有其前瞻性的。其技術上的問題可藉科技知識及試驗研究加以克服。未來的花卉事業及種苗事業，在勞力不足，品質要求高之情況下，急需發展機械化育苗事業。穴盤育苗技術涵蓋了植物生理學、生物化學、環境控制植物學、農業機械、種子生理……等範疇。本文就目前已發展者做一介紹。

二、播種機械

人工播種要達到均勻一致是困難之技巧，在美國，許多生產者採用播種機配合穴盤，便可達到盡善盡美境地（如照片1）播種機的原理是利用真空檢拾（Vacuum pick up）的設計。此種設備，使用馬達運轉去創造真空，以便吸盤能依設計在每一洞口吸住一粒或二粒的種子，然後吸盤移至穴盤上，解除真空，種子便掉入穴盤，完成播程序（如照片2），再依種子特性決定是否再覆蓋介質。目前完成已有許多播種機上市，提供了不同設計及播種速率。最近更有一種新型的播種機，可播種已催芽的種子。以含液體式噴播於穴盤上。種子裝袋後浸水催芽，謹慎地控制溫度，進行催芽再播種以提高發芽率。有時已催芽的種子可浸入膠狀物再進行推擠式播種。此類型的播種機設有交換式錐罩，所有錐罩連上水浴裝置，種子之吸取仍以真空操作。吸盤移至穴盤上時解除真空而播種。此種播種機最大的利益是可以播種已發芽的種子，縮短在苗床發芽的時間，同時有的種子，因採種地區採種技術不好或天候影響，種子品質不佳，發芽率不整齊，此時採用預措發芽，後用機械儀器選別，再使用特殊設計播種機可使穴盤上之種苗品質一致，不會有種子品質差而發生缺株之現象。

至於生產者在考慮購買那一類型的裝置時須注意下列幾點：
1.播種的速度：是調整式或固定式。
2.擬採用穴盤的型式（使用的穴盤，依作物種類而不同）。
3.播種機可吸取之種子量。
4.播種機內之吸盤平板（template）或頭是否可更換。
5.欲生產的作物種類。
6.欲生產之作物是否需要播二粒種子於同一穴孔中，（如秋海棠建議以雙重播種）。
7.是否播種精確。

三、發芽技術

種子之發芽是穴盤育苗之主要挑戰性的問題，發芽的設備依環境控制的可行性而由生產者自行準備。很多的生產者沒有適當的穴盤育苗設備以提供適當的發芽環境。一般而言，發芽的空間分1.發芽室（germination room）2.蒸氣室（Sweat chamber），3.溫室的栽培架（germination on benches）。茲分述如下：

㈠發芽室：

是指環境控制室或箱，可設計穴盤垂直層積在可移動的車子上，來往運送十分方便，室內的熱來源來自冷螢光燈另裝置冷氣機降溫及噴霧裝置以提高濕度促使發芽良好。室內可隔間以備不同階段的發芽步驟。冷白螢光燈裝置在穴盤上方8—10英寸，大約是400上下呎燭光，傾斜屋頂裝置防止水滴落於穴盤上。

㈡蒸氣室：

蒸氣室只供為發芽，無照光裝置。穴盤僅堆放於蒸氣室2—4天，或待至新根長出。一般而言，在90%的相對濕度，氣溫在80°F（27℃）以上，但依作物不同而有不同條件。此種設備遭遇的問題是幼嫩的小苗由高濕黑暗的環境中移到乾而高光強的溫室而不適應須提供另一適應的環境注意光度、高濕、溫度控制的馴化溫室是必要的。

㈢溫室的栽培架：

假若在溫室能將環境維持良好也可直接在溫室育苗。噴霧裝置，加溫系統是必要的。困難在於由上方噴霧水滴太大抑制氧氣滲透到種子，無論如何，須使用很好的噴頭（20到40microns）較佳（如圖3），一些生產者使用毛細管墊（capillary mats），特別是使用根溫系統，這類型墊是針對濕度、水分及溫度供給根部區適宜環境。特別注意的是穴盤的根不可長到墊上。HID（high intensity discharge）高強輻射燈在400呎燭光提供發芽後，種苗發育環境須維持適當環境以提供適當發芽及種苗發育環境。

四、介質成分

介盤育苗介質均使用無土介質，有三種成分使用在穴盤育苗上。

㈠泥炭苔（peatmoss）：

泥炭苔佔穴盤介質的30—80%，有二種型式的泥炭苔使用於穴盤育苗，一種是立灰蘚（hypnum）泥炭，另一種是水蘚（sphagnum）泥炭苔，兩者有很大的差異（詳表1）。立

表1 立灰蘚泥炭苔（Hypnum）與水蘚泥炭苔（Sphagnum）特性比較
Table 1. A comparison of several characteristics of hypnum and sphagnum.

立灰蘚泥炭苔	水蘚泥炭苔
1.低窪地產	1.高窪地產
⑴湖底蘚類	⑴漂浮性蘚類
⑵外表無臘	⑵外表面有臘
⑶不需加濕著劑	⑶難以濕著
2.pH 5.5到5.5	2.pH 3.0到4.0
不需調整pH值	需要調整pH值
3.低可溶性鹽類	3.較高可溶性鹽類
4.可浸溼透	4.乾燥
粒子不破碎	粒子易於破碎
5.良好的鈣源及緩效性釋放氮特性	5.非良好鈣源緩效性釋放氮特性
6.能維持長時間吸水性	6.不能長時間吸水

灰蘚泥炭苔屬於低荒地（lowmoor）泥炭苔，立灰蘚生長於史前乾涸的湖底，俱不浮水特性，通常第一次使用時須用蒸氣蒸，或者加入濕著劑（Wetting agents）。水蘚泥炭苔是屬於高荒地（highmoor）泥炭苔，外表有一層表面臘而且有氣囊，故水苔泥炭俱有浮水性，它的特性是難以浸溼，這可能帶給生產者麻煩，但相反的，使用它可增加穴盤介質的通氣性。立灰蘚泥炭苔的 PH 範圍在5.0—5.5，此非常接近穴盤育苗介質的最適宜範圍，而水蘚泥炭苔的 pH 值在3.4—4.5之間，因此 pH 值必需調整，加入白雲石粉調整之。

㈡蛭石（vermiculite）：

蛭石可增加保水力，大半的生產者都使用＃3規格，因為它的顆粒適合穴盤栽植。蛭石可以吸數倍於它體重的水，而且也增加了陽離子交換能力。但它的保水特性如配方不當，也帶給生產者許多問題，因為穴盤介質水分太多會把介質內空氣排除於介質之外而造成缺氧。近來愈來愈多的生產者已不再使用蛭石而僅採用泥炭苔與真珠石。

㈢真珠石（perlite）：

真珠石可以增加介質之空氣容積率。優良的介質配方大半使用立灰蘚泥炭苔、水苔泥炭苔及真珠石。真珠石可浮於水面，本身不會吸水，但水分可附著於顆粒表面，不引起化學變化，不具緩衝力，無陽離子交換能力，pH 值為7.0—7.5，近中性不會影響介質之酸鹼度。用於盆栽花卉的大粒型真珠石不適用於穴盤介質。大半的生產者使用室內裝璜或石膏工藝用的真珠石，其大小似砂粒狀較適合穴盤介質。

尚有其他的混合介質可供穴盤育苗使用，但須注意使用時，顆粒小，混合時需均勻，在每個穴盤的穴（cell）之質量要一致，如此生長一致不會有差異，甚至缺株。茲簡介一些常用配方。以供參考。

表 2 矮牽牛與秋海棠之穴盤育苗配方
Table 2. Plug growing media for petunias and begonias

矮牽牛
35%立灰蘚泥炭苔（hypnum）
35%水蘚泥炭苔（sphagnum）
30%碎真珠石（fine grade perlite）
秋海棠
35%立灰蘚泥炭苔（hypnum）
35%水蘚泥炭苔（sphagnum）
30%中粗級蛭石（medium-grade Vermiculite）

表 3 一般使用之穴盤育苗配方
Table 3. A general recipe for a plug growing medium

35%水蘚泥炭苔（sphagnum）
35%立灰蘚泥炭苔（hypnum）
30%碎真珠石
5 lb／cu yd 碳酸鈣
3 lb／cu yd 過磷酸
1 lb／cu yd 微量元素混合肥料（Esmigran）

＊註：1 cu yd＝0.76m^3

五、介質與穴盤育苗生理

穴盤育苗介質組合不當易引起許多問題，最主要原因乃是穴盤育苗生長在很小的體積之內，

這種限制減少了植物生長的範圍。此外穴盤深度甚淺也是原因之一。因此在穴盤育苗管理，水分的控制與養分的供給與一般的作物栽培原則不盡相同。一般而言，穴盤的深度在 1／2 英寸到 3／4 英寸。因為深度淺，短毛細管柱（short capillary columns）形成，水易充塞於介質之中，空氣易被排除於介質之外而造成孔隙不足。另一困境也就是減少了水分及養分之貯藏於介質中。但無論如何，生長介質的修正仍可克服困境使植物生長於適當環境，而達到集約管理節省育苗成本適合機械化之目的。

穴盤育苗生理因穴盤的特性與一般育苗不同，須注意下列五點：㈠酸鹼度。㈡可溶性物質。㈢空氣含量。㈣水分含量。㈤養分含量。其中酸鹼度與養分含量可藉成分來作修正。理想的介質配方須達到高緩衝包容力、高陽離子交換力、高容水量及廣泛均勻粒子混合，並確定有良好排水。各種作物並不能使用同一配方。

㈠酸鹼度：

酸鹼度影響植物營養的吸收利用，一般植物在田間土壤栽培植物最大養分利用率之範圍在 6.5—6.8 之間，穴盤育苗介質酸鹼度約在 5.2—6.0 左右。每一種無土介質之成分有其不同酸鹼度。配合後須作測試調整。在育苗期中，因使用肥料如硝酸態氮會使酸鹼度上昇。如果預先混入石灰於介質中調合，則在連續施肥灌水情況下，育苗後期仍可有較高的養分利用率。一般而言，在整個育苗周期，酸鹼度變化大約上升 1—1.5 左右，須注意校正。

㈡水分與空氣含量關係：

在一般田間土壤與穴盤介質水分與空氣組成及變動是不相同的。在土壤介質中有兩種孔隙，一為毛細管孔隙，另一為非毛細管孔隙。前者主司水分之貯存與運動，後者主司空氣之貯存與運動。土壤被視作一完整單位含土壤粒子及土壤孔隙而呈海綿狀以提供根部良好的生長。人工的無土介質調配，須創造適當的孔隙空間與粒子提供作物生長。穴盤體積小而深度又淺使用人工介質調配，水分與空氣在介質之控制可以說是相當重要。無土介質的太鬆或太緊將會導致不良的生長。理想的混合體通常是50—75%總容積的空氣和水，而僅25%到50%是顆粒。在穴盤育苗而言如長期保持”飽和的水”乃因穴盤介質太緊密無法排水乾燥，主要原因是培養介質太緊密產生很多小孔隙，致使水存在於抗地心引力的孔隙中亦即產生沈漬作用（Swamp effect）。造成太多小孔隙（貯存水份）而大孔隙（貯存空氣）太少。正確的比例是 5 到25%總體積的大孔隙以貯存空氣，大部分的作物需要10—20%充氣的孔隙以適合根部生長，另一方面，需具30—50%能貯存水分的小孔隙，其餘則是介質顆粒。除了上述大小孔隙的比例問題之外，生產者面臨的另一個問題是穴盤淺而形成短毛細管現象，以至灌水後造成停漬水現象而缺乏透氣性，介質中僅含顆粒及水而非水、顆粒、空氣的組合體。這些問題需要克服，最重要的是填加成分及修正配方，以使俱有良好排水及保水力。生產者的目標是增加大孔隙而加入其他成分，但是增加太多則形成太透氣易乾燥而需經常澆水。適當的顆粒分佈以維持小孔隙的形成，在育苗後期慎防介質緊密現象發生。對作物育苗使用穴盤，各種配方依作物不同而有不同。須經過反覆測試而得最佳配方。以使水分與空氣得到良好控制。

㈢可溶性鹽類：

可溶性鹽類之基準在無土介質及土壤基質之適宜標準是不同的，一般而言，無土介質較高約高出 1.5 —2 倍。水苔泥炭之陽離子交換能力（Cation exhcange capacity）及緩衝能力約為一般栽培土壤之 2— 2.5 倍，也就是說，無土介質俱有高出 2— 2.5 倍的陽離子交換能

力去吸住營養成分，因此需要較多的肥料。例如 200ppm 之氮肥適合於土壤為基質之栽培，但在無土介質的穴盤上可能需要 250—300ppm 的氮肥。這是特別需要注意之處，許多生產者不明究理導致肥料不足，育苗品質不佳。交替灌水施肥經常會導致可溶性物質的大幅變動，須經常校正維持正確的水準。

㈣養分：

種子內的養分僅提供植物早期之苗期需要，在後期的育苗階段對肥料的施用是迫切的，作物的育苗期可顯著地縮短且能強健幼苗。各種作物的育苗階段對肥料的需要是不同的。由於穴盤育苗是採用無土介質，很容易產生缺磷現象需注意補充。一般使用液體肥料補育苗期植物需要。一般而言，在發芽後，如果種苗長得很慢，可使用 60ppm 的氮及鉀（ K_2O ）一次，以後在育苗後期可每週使用二次至四次。到可出售前可提高濃度到 100—150ppm。在使用過磷酸於基質時，已無需要使用液體磷肥料，除非缺乏磷。磷酸使用過多是不會導致毒害，但會導致束縛微量元素如鐵、錳、鋅、銅。PH 值的昇高是主因。一般而言，養分的施用補給基於下列三種考慮：㈠作物種類，㈡生育狀況，㈢市場情況，而作調整。

六、溫度、光與穴盤育苗

種子於穴盤上發芽後，由催芽區移入生長區，需有緩衝時間去適應不同環境。初期以70°—80℉（21°—27℃）之溫度維持二到週，每日澆水。注意濕度均勻以維持發育整齊。一般維持90%的相對濕度。在幼苗期之照光，僅450呎燭光，而育苗後期可增強光度到4000—6000呎燭光。各作物的溫度與光度控制與期間略有不同。與發芽之好光忌光習性及生育習性有關。低夜溫對育苗亦有影響。夜溫低於50—55℉（10—12.7℃）有害之作物如藿香薊、香雪球、金盞花、石竹、萬壽菊、三色菫、矮牽牛、多年生作物、福祿考、爆竹紅、金魚草。夜溫低於58—62℉（14.4—16.6℃）有害的作物如秋海棠、雞冠花、彩葉莧、鳳仙花、甜椒、番茄、雁來紅、百日草。

七、生長調節劑之應用

由於穴盤上之小苗在低光強度、溫度超過75℉（24℃）及高濕下而易有徒長現象。當環境不再能適宜小苗生長時或須要健化時，化學生長調節劑之使用是必要的。而使用的時期是重要的關鍵。生長抑制劑必需於小苗開始徒長以前施用。一般而言，生長調節劑使用的適期在小苗長至 1—2 公分，第一至第二本葉時期。矮牽牛處理 2000ppm 之 B—9，每週一次，天竺葵則必需在第三—第四本葉時期使 1500ppm 的 Cycocel。使用生長抑制劑前必需檢查根部是否發育良好足以忍受生長抑制劑之使用。而且使用前穴盤小苗生育是否整齊，如果不整齊則對弱小幼苗會有藥害。生長調節劑使用到第四本葉期。大部分一年生作物在此期仍處理 3000ppm 之 B—9，每週一次以控制高度。天竺葵則處理 2000ppm 的 Cycocel。另外由於考慮到藥劑施用對穴盤小苗良好的穿透性。最適宜的時間是在日出後二小時或陰天。因為此時葉之氣孔開放至最大，使化學藥品有最好的穿透性。儘可能在施用後24小時內不要噴灌，以免洗去藥液。適合使用 B—9 的花卉有藿香薊、中國翠菊、波士頓雛菊、福祿考、矢車菊、萬壽菊、爆竹紅、鼠尾草、雞冠花、百日草。使用的量與時期參考矮牽牛的施用法。蔬菜育苗以番茄為例，在四本葉出現時施用 310 ppm 的 Alar 85，過二星期後施用第二次。施用 Alar 12小時後不能噴水。施用 Alar 之番茄苗抗旱性較佳。

八、水　　質

水質在穴盤育苗是相當重要的，因為植物的生長、大小、品質均受制於水，小苗含90%或更多的水，因此水影響育苗甚大。最好能經常檢定水質。其標準如下：

表 2　穴盤育苗灌溉用水容許範圍

Table 2. Desirable ranges for specific elements in irrigation water of plug

硫酸 Sulfates（ SO_4 ）	24-240mg／g	鈉 Sodium（Na）	0-50mg／ℓ
磷 Phosphorus（P）	0.005-5mg／ℓ	鋁 Aluminum（Al）	0-5.0mg／ℓ
鉀 Potassium（K）	0.5-10mg／ℓ	鉬 Molybdenum（Mo）	0-0.02mg／ℓ
鈣 Calcium（Ca）	40-120mg／ℓ	氯 Chloride（Cl）	0-140mg／ℓ
鎂 Magnesium（Mg）	6-24mg／ℓ	氟 Fluoride（F）	0-1.0mg／ℓ
錳 Manganese（Mn）	0.5-2mg／ℓ	硝酸 Nitrate（ NO_3 ）	0-5.0mg／ℓ
鐵 lron（Fe）	2-5mg／ℓ	氨 Ammonia（ NH_4 ）	mg／ℓ 未定
硼 Boron（B）	0.2-0.8mg／ℓ	可溶性鹽類	0-1.5mmhos
銅 Copper（Cu）	0-0.2mg／ℓ	鹼度 Alkalinity	0-100mg／ℓ $CaCO_3$
鋅 Zine	1-5mg／ℓ		

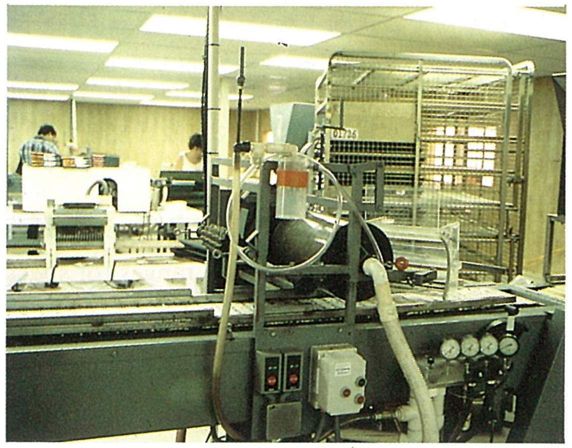
九、育苗後處理

穴盤育苗在歐美已由苗圃公司發展成專業型態，利用環境控制植物學的科技生產品質優良的種苗運送各地之消費者，為了減少種苗在運輸途中所受損害以紙箱包裝，可以經由特殊設計層疊（如圖四），再送入貨櫃車，車內有良好的空調、溼度、溫度控制，依作物種類習性而異而設定（如圖五）。在歐美穴盤的育苗已成專業型態，消費者不必自己育苗。

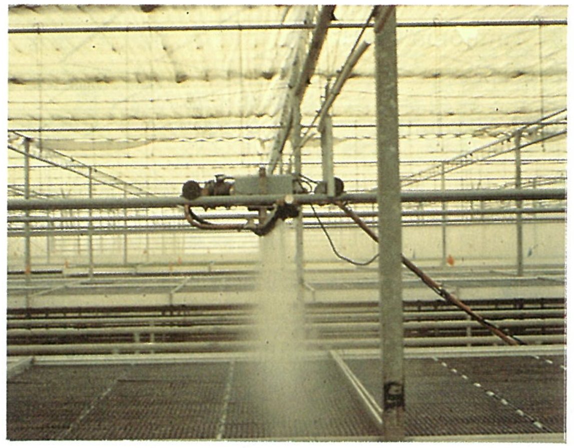
十、結　　論

穴盤育苗在歐美風行是近十年的事，帶給育苗事業革命性的發展。在農業人口日益減少與老化的情形下藉助機械化、自動化是必然的趨勢。另外品質的要求提高與均一整齊，育苗已非傳統的育苗方式所能達到。有了健全的育苗事業才有穩定的園藝事業生產。雖然現階段歐美的大規模穴盤育苗機械化無法全盤應用於我國，但其使用的原則，應注意的植物育苗生理學原則，介質的調配條件，育苗適當的環境條件足以提供借鏡。未來的育苗事業使用機械代替人力播種是必然的趨勢，穴盤育苗在未來的育事業將扮演重要的角色，以節省勞力、降低成本、提高育苗品質，進而促進園藝生產事業。

照片1. 品質良好的穴盤種苗。
Photo. 1 The good quality seedlings were produced by plug production.



照片2. 使用真空原理的播種機。
Photo. 2. The seeder was equipped with vacuum pick-up machine.



照片3. 穴盤育苗澆水採用噴灑灌溉系統。
Photo. 3. The overhead spray irrigation system was used in plug production.

照片4. 特殊設計的紙箱可將穴盤種苗層疊。
Photo. 4. The plug seedlings can be stacked in the special designed box.

照片5. 運送穴盤種苗的貨櫃車，內有空調及溫度濕度控制。
Photo. 5. The equipped container car shipped for seedlings. The air condition system, temperature and moisture control are required in these cars.

參考文獻

1. Agnew, N. H. 1986. 1986 National plug production conference proceedings. 119 pp. Iowa State University Research Foundation, Inc.
2. Ball, V. 1985. Ball Red Book 720 pp. Reston Publishing company, Ine. Reston, Virginia, USA.
3. Koranski, D. S. and S. R. Laffe. 1985. Plug production. page 126–140 in J. W. Mastalerz and E. J. Holcomb. (Eds) Bedding plants III. Pennsylvania Flower Growers.
4. Nelson, P. V. 1985. Greenhouse operation and management. 3rd Edition 598 pp. Reston Publishing Company, Inc. Reston, Virginia, USA.
5. Werminghausen, B. 1972. The application of synthetic media in plant propagation. Acta Horticulturae 26: 159–163.

討　論

王鼎盛（台大農工系）問：

真空播種機，對於催芽種子，是否會造成傷害？

林瑞松（台灣省農業試驗所）答：

有些作物需先催芽，真空播種機播種時，會傷及種子，但目前已有一種播種機在吸盤上裝有水浴裝置，直接將種子射出而不會傷害種子，但此種播種機其價錢很昂貴，大約二萬五千美元左右。

何韻詩（屏東農專）問：

貨櫃運送穴盤之環境條件（貨櫃內）及耐運送時間為何？

林瑞松（台灣省農業試驗所）答：

貨櫃車內裝有冷氣空調、通風設備，以適合各種植物之條件，確保運送期間最佳生理環境。可以長程運輸。

陳榮濱（糖業研究所）問：

穴盤之洞穴形狀對種苗之生育影響如何？

林瑞松（台灣省農業試驗所）答：

穴盤以三角型穴盤排水較快，而梯型排水較差，穴盤使用種類，應視作物種類而定。

葉節耀（台灣省農業試驗所）問：

關於穴盤真空播種吸盤在美國所看到的是否都是平盤型的吸盤？是否有滾筒型的，可提高作業效率呢？

林瑞松（台灣省農業試驗所）答：

真空播種機簡易型的是平盤式，較精緻的是風鼓型真空播種機。目前滾筒型真空播種機尚未上市。

林學正（台南區農業改良場）補充：

已知有公司正在研究滾筒式，以便節省時間，但尚未研究出成品。

AN INTRODUCTION OF PLUG SYSTEM PRODUCTION

Ruey-song Lin

Associate Horticulturist
Department of Horticulture, Taiwan Agricultural Research Institute

ABSTRACT

Plug production has become very popular, and has created a new frontier on nursery industry in Europe and the United States. Especially, it can be produced through machine, therefore, both time and labor are saved in economical situation. Because each plug seedling in its own individual cell, does not have to compete against other seedlings for light, water, nutritions, etc. Accordingly, grows faster. This advange will allow cultivation schedule in good arrangement and more turnovers. Disease will not spread as rapidly because seedlings grow in separate containers. Seedlings can be reamined in the plug tray much longer before being transplated. Consequently, transportation of seedlings are very convenient. Plug do have some disadvantages as well. Special seeder and trays are a lot of initial investment is quickly repaid. Germinating and growing-on plug required a controlled environment with the suitable level of light, temperature, moisture, and mineral nutritions. Growers have to learn the basic rules of germinating and growing-on, and care with sillful operations. These rules and skills will give the promise on good quality seedling. In this topic, the germinating and growing-on skills, environment requirements and advices are introduced.

覆蓋資材之特性及利用

王　鼎　盛*
台灣大學農業工程學系

摘　　要

溫室主要的目的在修正自然環境，使其利於植物生長，所以溫室建造就必須考慮到植物生長有關之環境因子如日光、溫度、空氣組成等因子的控制。

目前溫室所使用的被覆材料的種類繁多，常用的大約有十種，各廠牌製造過程及摻入化學品差異，又可分為幾百種，雖然有這麼多的被覆材料，但各種被覆資材的功能各異。本文主要的目的是在介紹各種材質之光特性（透過率、遮光性及分光透過率），熱特性（保溫性、隔熱性、通氣性等），濕度及水特性（防滴性、防霧性、透濕性等），機械特性（展張性、伸縮性、應力強度等）及資材的老化，並進而建議適合不同植物生長的被覆材料以達到溫室栽培之目的。

一、前　　言

溫室之主要目的是在修正自然環境，使其利於植物生長，所以溫室建造就必須考慮到植物生長有關的環境因子如日光、溫度、空氣組成等因子的控制。

溫室最早的目的是保溫，近來因溫室廣泛應用於植物的栽培，所以溫室的建造，已經不只是用來保溫，而是朝向多元化的目標使用，如光質、光量的控制、空氣溫度及濕度的調節等，而這些環境因子的控制就與溫室所使用的被覆材料有關。

目前溫室所使用的被覆材料的種類繁多，常用的大約有十種，各廠牌製造過程及摻入化學品之差異，可分為300多種；雖然有這麼多的被覆材料，但是一種被覆材料所能適用的範圍有限。所以本文主要目的是要使我們了解各種溫室常用被覆材料的特性如光特性、熱特性、水及濕度特性及機械特性，並進而能夠選擇利用適合溫室中植物生長的被覆材料，如此才能達到溫室栽培的目的。

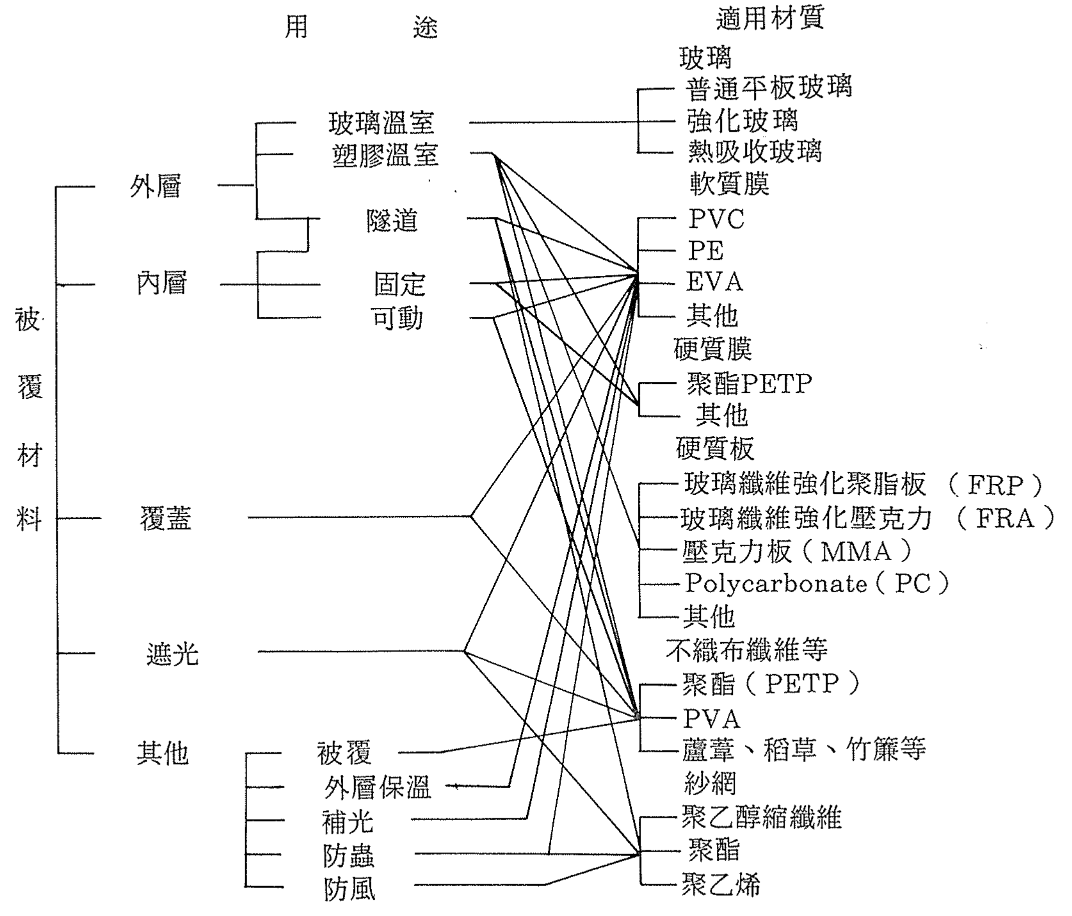
二、被覆材料的種類（見表１）

㈠依用途分類

園藝設施中所謂的溫室只有玻璃室、塑膠室，並不包括隧道和覆蓋，但是以設施栽培的觀點而言則包括後二者，按被覆材料之用途可區分如下：

＊ 國立台灣大學農業工程學系副教授

表1 被覆資材之用途與材質
Table 1. The uses and materials of coverings.



1.外層被覆：

覆蓋在固定溫室或活動隧道等構造物骨架的最外層，與外界分離的材料稱之。又稱為一次被覆材料。

2.內層被覆材料：

套於外層被覆材料內而在溫室內側舖設的材料，有提高溫室的保溫性或達到遮光之功能。又稱二次被覆材料，其舖設的方法有：

(1)固定式：固定在室內，不能開關者。

(2)可動式：利用如同簾幕的裝置，可在室內外開關者，其啟閉方式又可分為：滑動式、捲動式。

3.覆蓋：

直接舖設在地面上，有調節地溫或土壤水分含量，防止雜草病害及促進果實著色的功能。其舖設的方式有：(1)全面舖設 (2)畦面舖設

4.遮光被覆材料：

除具有遮去一部分日光的功能外，以抑制溫度的昇高，調節光量及日長等功能。其舖設的方式有：

(1)露地栽培的掛蓬

被覆材料用繩張開，固定在支架上以水平的方式固定好，具有抑制溫度的昇高和光量的調節。

(2)溫室、隧道、雨棚等外部被覆，或內外層的被覆

直接舖設在外層被覆材料上，或者是在外層上間隔30—40㎝上，其方式有固定式和可動式。也可以內外層兼用，具有抑制溫度的昇高，光量的調節和日長處理等功能。

(3)直接覆蓋物體上

具有直接覆蓋 、抑制溫度的昇高、光量的調節的功能。

5.其他如禦寒、保溫、補光、防蟲、防風、防雨等。

㈡按照材質的分類：

大致可分為玻璃和塑膠兩大類：

1.玻璃

用為溫室材料的玻璃，具有光透過性、非燃性、耐久性、保溫性、強度等優點，自古代即被用為被覆材料。市售之玻璃種類極多，本國溫室一般使用普通平板玻璃。但也有（強化）型板玻璃、紅外線吸收玻璃等使用於特殊栽培目的或研究用設施。

2.PVC

雖有易污髒缺點外，它具有保溫性強，光透過性高，價錢低，使用處理容易等特點，故迅速在農家普及。至今已廣泛利用為園藝設施的被覆材料。

3.PE

PE薄膜較PVC薄膜為輕，無黏著性處理容易。附著塵埃也少，且價格較PVC薄膜便宜等優點。但是耐候性約僅聚氯乙烯之半，保溫性較PVC膜為差。故多利用於圓形、隧道形溫室及溫室設施雙層被覆簾幕等方面。另也有著色之PE膜以調節光質。然而用作雙層被覆材料時一般使用透明薄膜。

4.EVA

EVA膜之物理性質與PVC膜類似，即使在低溫狀態也不硬化、質輕、不易黏著及污染，具彈性。耐候性在PVC膜與PE膜之間，有寬度至很大尺度的製品，主要作為溫室內雙層被覆簾幕用途。一部分亦被利用作溫室外部的被覆材料。

5.聚酯薄膜

本薄膜為硬質薄膜，其抗拉強度、撕裂強度、耐折度等比硬質聚氯乙烯薄膜大，耐候性亦佳。

6.硬質PVC

因不含塑劑，故其硬度比PE膜大，抗拉強度大，可使用約4—5年之久。關於光學性質方面，其光線透過率大，如聚氯膜一般，塵埃附著少，此外，長時間內，其光線透過率降低很少。

7.FRP

FRP板，比玻璃輕，衝擊強度強的波形板也具有相當彎曲強度，施工亦比較容易些。關於耐久性，雖有隨著劣化的表面樹脂剝離、白化、黃變等問題，但最近的產品改善品質，

耐候性亦佳，光線透過率的經時變化也減少，亦有10年以上的品質保證。當施予強制之大變形時將縮短板的壽命。

8.FRA

FRA 板比玻璃輕，衝擊強度強的波形板也具有相當彎曲強度，施工亦容易。並有相當耐久性，但安裝時施予強制大變形時將縮短板的壽命。其光線透過率佳，經時變化亦少。在紫外光及紅外光區域皆比玻璃容易透過，而對保溫性關係密切的6000nm 以上波長的光線卻無法通過。

9.MMA

MMA 板比玻璃輕，難切割，又光線透過率亦與玻璃同等或稍微優越，機械性質和光線透過率的歷時變化也小，呈安定狀態。因線膨脹係數較大，安裝時用因應 MMA 板縮膨的方法是有其必要的。

三、被覆材料的物理特性

(一)光特性

1.透過率與分光透過率

透過率定義：透過被覆材料的能量與入射被覆材料能量的比。

可見光透過率：日射波長在380—770nm 的日射透過率稱為可見光的透過率，輻射波長的區分與其名稱請參看圖 1 。

分光透過率：被覆材料的透過率，因波長的不同而異，此種不同波長的透過率就稱為分光透過率。

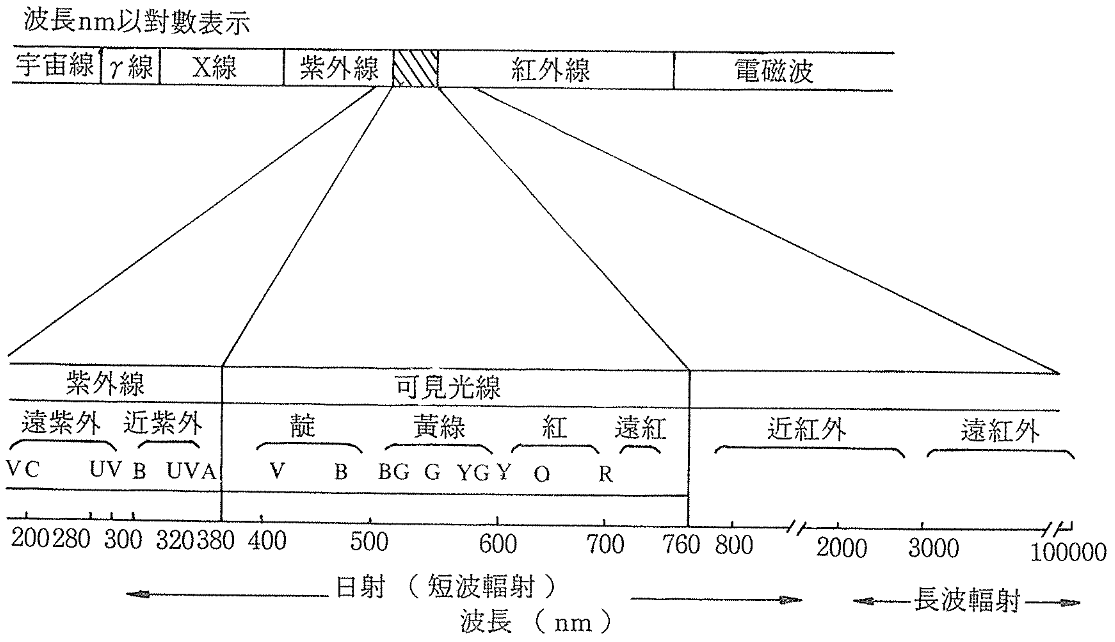


圖 1　輻射波波長與名稱

Fig. 1. Wavelength and its designation.

(1)各種被覆材料之分光透過率：以下就各種被覆材料的分光透過率討論：

a.玻璃：玻璃最重要的性質為透光性，普通玻璃的透光率約為80—90%，各種玻璃之分光透過率示於圖 2 。由圖 2 可知，普通玻璃對波長較短之紫外線不能完全透過。

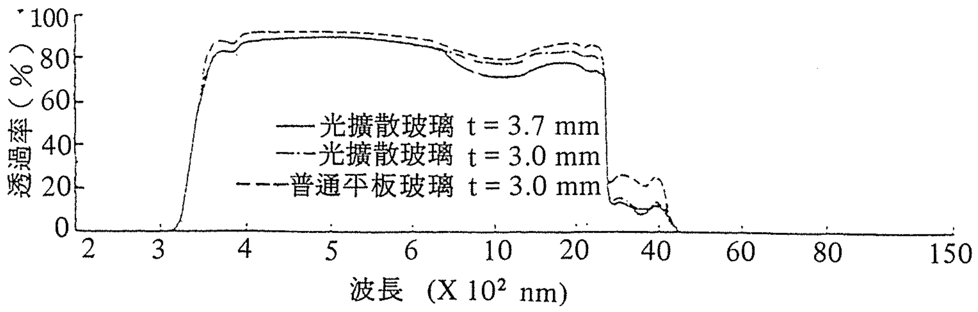


圖 2　玻璃分光透過率

Fig. 2. Spectral transmissivity of glass.

b.塑膠：根據特里克特與克爾登在1958年發表的論文報告中，他們發現在厚度相同的前提下，塑膠被覆材料的透光性要比玻璃被覆資材的透光性少20%。以下各圖分別是軟質塑膠資材與硬質塑膠資材的分光透過率。

(a)圖 3 為四種不同廠牌厚度均為0.1㎜之聚氯乙烯薄膜之分光透過率，由圖 3 知在可見光至紅光區域差異較小，但在紫外光區域則就有較大之差異。產品 D（0.1㎜）及 D′（0.14㎜）被認為不僅厚度不同且抗紫外線劑種類不同所顯現之差異。

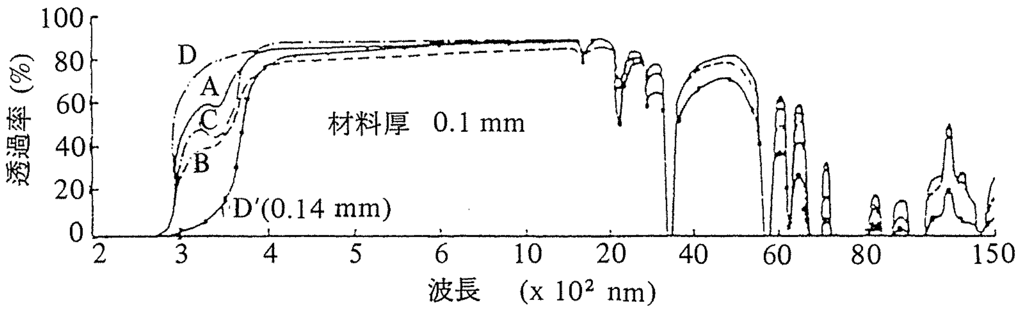


圖 3　各種廠牌PVC的分光透過率

Fig. 3. Spectral transmissivity of PVC.

(b)圖 4 為 EVA、PVC、PE 的分光透過率。由圖可知在紫外線與紅外線兩區域透過率 EVA 較 PVC 大而比 PE 小，故可知 EVA 膜之保溫性在 PVC 膜和 PE 膜之間。

(c)圖 5 為硬質聚脂薄膜及硬質 PVC 薄膜之分光透過率。由圖可知硬質聚酯薄膜較硬質PVC 薄膜之透光率稍大。

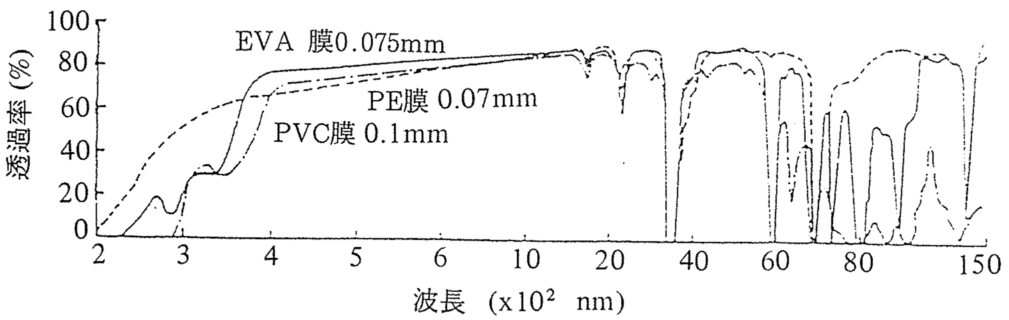


圖4 EVA、PVC、PE、的分光透過率
Fig. 4. Spectral transmissivity of EVA, PVC and PE.

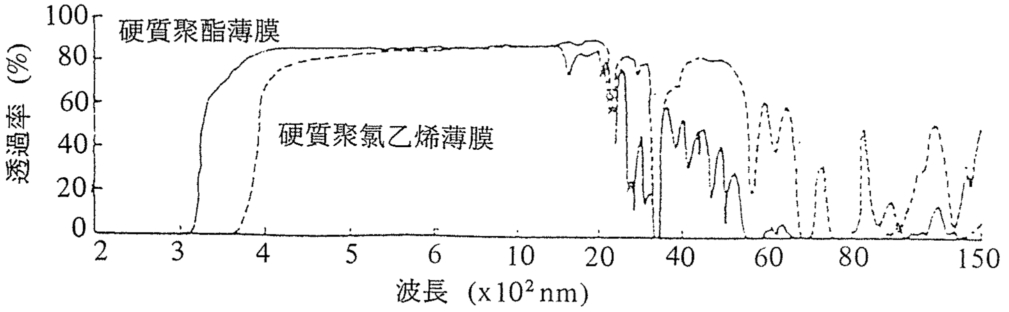


圖5 硬質聚脂薄膜、硬質PVC薄膜的分光透過率
Fig. 5. Spectral transmissivity of PETP film and PVC film

(d)圖 6 為 FRP 的分光透過率。由圖可知在紫外光區的透過率 FRP 較玻璃小，近紅外光區則稍大，30×10²nm 以上的紅外光區幾乎不透過，因此可說保溫性良好，且因 FRP 是由聚酯樹脂與玻璃纖維合成的複合材料，所以有直達光線的減少，散亂光線增多的情形，此等差異在短波長範圍內較明顯。

(e)圖 7 為 FRA 的分光透過率。由圖中可知在紫外光及紅外光區域皆比玻璃容易透過，而對6000nm 以上波長的光線卻無法通過。

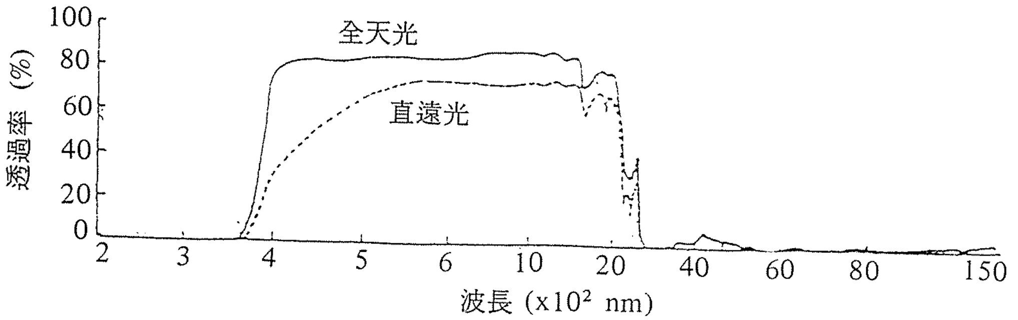


圖6 FRP的分光透過率
Fig. 6. Spectral transmissivity of FRP.

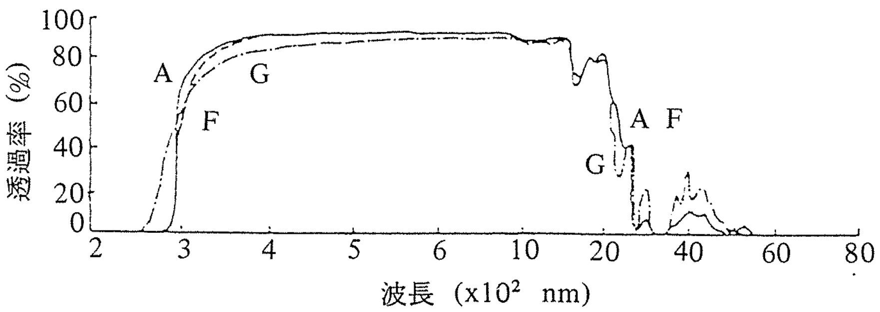


圖 7 FRA的分光透過率
Fig. 7. Spectral transmissivity of FRA.

(f)圖 8 為 MMA 的分光透過率。由圖中知 MMA 的分光透過率在3×10²nm以下的紫外線還可透過而紅外線區域在25×10²nm 以上幾乎不能通過。

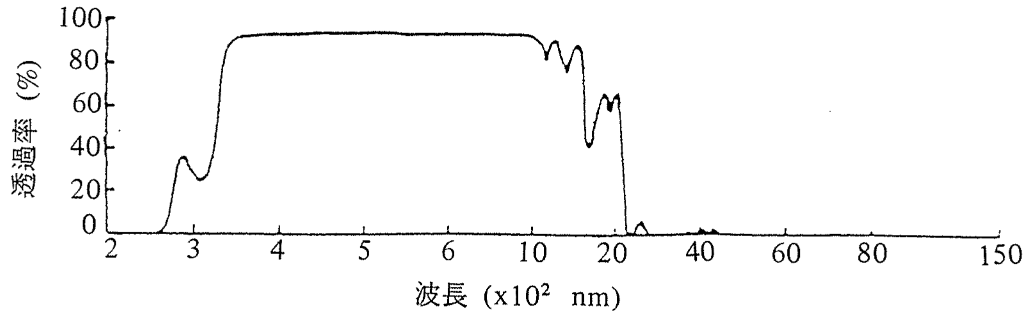


圖 8 MMA的分光透過率
Fig. 8. Spectral transmissivity of MMA.

(2)入射角與光透過率

入射角為入射直達光與被覆材料法線的交角。日光照射到溫室的被覆材料，其入射角不常與被覆材直交。入射角度是隨著溫室的形狀及棟位方向或太陽高度及方位不同而變化。

一般而言，入射角為 0° 時透過率為最大，角度愈大透過率愈小，超過60° 時，透過率就急遽降低，但是波浪板型的被覆材料，在相同的日照入射角較平板的被覆材料透過率高 （ 參看圖 9 ）。結滴性的被覆材料，因被覆材料之內面有很多水滴附著，所以日射透過率較不結滴性被覆材料為低，又表面不潔時其透過率亦低（ 參看圖10 ）。

2.散光率

透過被覆材料的光，不完全是平行光，一定有折向其它方向的性質，一般被覆材料的散光率如下：

梨紋 PVC：60%

透明 FRA：28%

散光性 FRA：82%

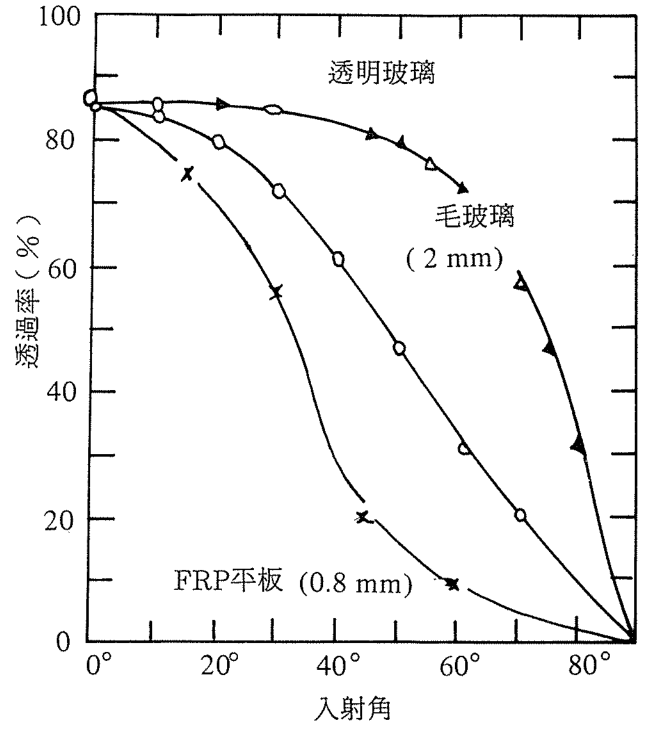


圖 9 擴散性被覆資材之不同入射角的透過率
Fig. 9. Transmissivity owing to various angles of incidence of difusiable coverings.

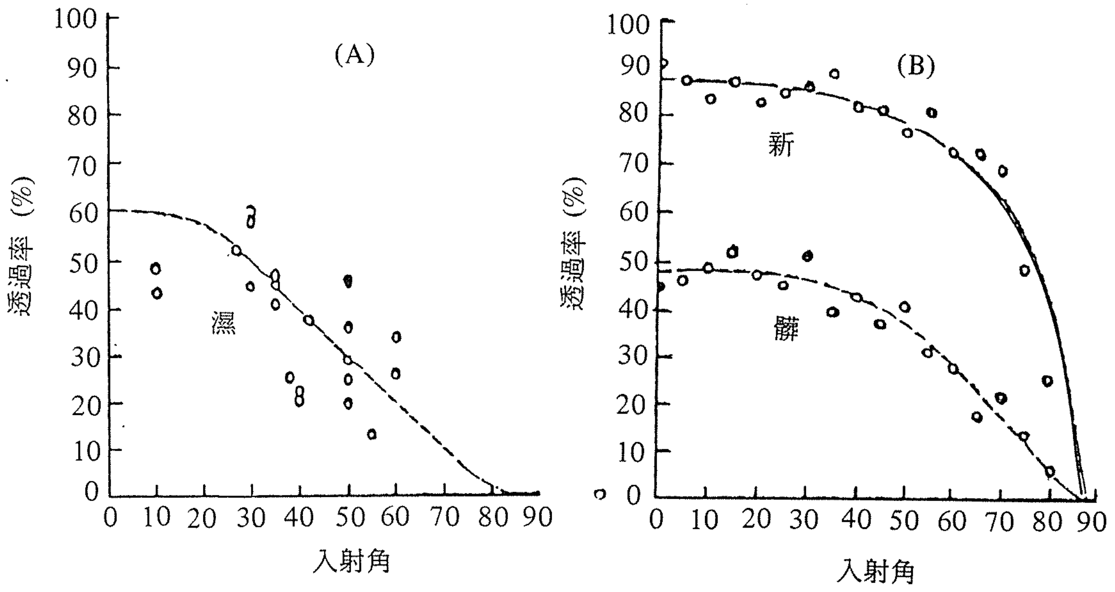


圖10 透明的透過率塑膠布之不同入射角，材質新舊與透過之關係
Fig. 10. Transmissivity of various characters of coverings.
註）新：新品、乾燥
髒：使用一年後，乾燥
濕：使用3個月後，水滴附著

3.遮光性：

日光照射致被覆材料表面，有一部份被反射，一部份被吸收，而兩者的量與入射量的比率，稱為遮光率。遮光率與透光率的關係是：

遮光率＝1－光透過率

㈡熱特性

1.保溫性：

保溫性為保持溫室內溫度的能力。溫室的保溫性可分為兩方面：

(1)蓄熱性：儲蓄溫室內大量的熱。

(2)隔熱性：避免熱向室外擴散。

各種被覆材料的保溫性的不同乃是因其長波輻射性質的不同而異。所謂長波輻射是指在波長3000—100000nm 範圍的輻射，其為熱傳導的重要機制之一。所以長波輻射透過率高的被覆材料，保溫性較低；吸收率低、反射率高的被覆材料保溫性較高。

2.隔熱性：

不易傳熱的性質稱為隔熱性。被覆材料的保溫性與隔熱性是相關的。一般而言保溫性是防止熱由室內向室外逸散。而隔熱性是阻止熱由室外進入室內。

遮光材料的隔熱是指日射熱量的隔斷的能力，所以日射吸收率較高的材料，則隔熱性較差；遮光率也有同樣的情形。各種被覆材料之吸收率、透過率及反射率請參看表 2 。

表 2 各種被覆材料對長波輻射之吸收率、透過率及反射率
Table 2. Absorptivity, transmissivity and reflectivity of coverings.

資材	厚度（mm）	吸收率	透過率	反射率
PE 薄膜	0.05	0.05	0.85	0.1
	0.1	0.15	0.75	0.1
EVA 薄膜	0.05	0.15	0.75	0.1
	0.1	0.35	0.55	0.1
PVC 薄膜	0.05	0.45	0.45	0.1
	0.1	0.65	0.25	0.1
聚酯（硬質）	0.05	0.6	0.3	0.1
薄膜	0.1	0.8	0.1	0.1
	0.175	0.85>	0.05<	0.1
不織布		0.9	—	0.1
PVA		0.9 >	—	0.1<
玻璃		0.95	—	0.05
硬質板（MMA、FRA etc.）		0.9	—	0.1

3.通氣性：

被覆材料因有孔隙的存在，所以具有交換室內、外空氣的性質。一般被覆材料的通氣性與溫度和濕度無顯著之關係。而遮光材料的空隙率則與通氣性有比例的關係，但是被覆材料的通氣性並沒有一定的物理指標。

㈢濕度及水的特性

1.防滴性：

被覆材料的表面凝結水，不會產生滴狀而能成為薄膜狀流去的性質，又可稱為無滴性或流滴或防滴性，相反的如有滴狀的凝結水形成則稱有滴性，見圖11。

如果被覆材料表面的溫度比溫室內空氣的溫度低，則溫室內的被覆材料表面會有水蒸氣的凝結，而此種水蒸氣凝結量與空氣和被覆材料表面的絕對濕度成正比。

一般玻璃本身就具有防滴性，而塑膠被覆材料則沒有，而必須靠界面活性劑的處理，才能有防滴性的產生，通常軟質薄膜是在製造過程中處理，而硬質板和硬質薄膜則是在成形後再行處理。

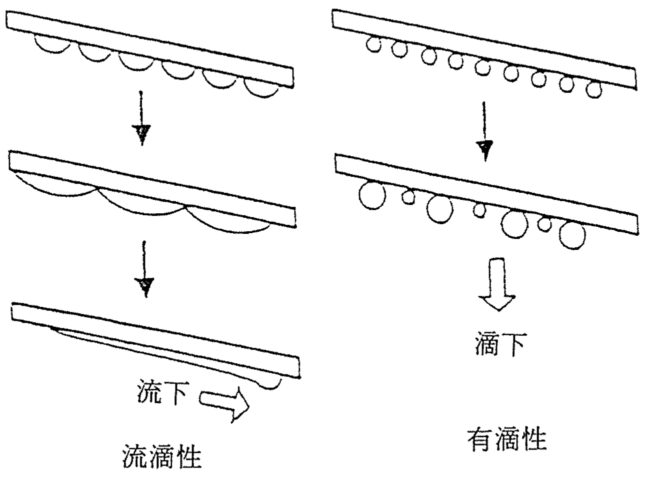


圖 11　被覆材料之流滴
Fig. 11. Anti-drop of coverings.

2.防霧性：

被覆材料經過特殊的處理，抑制溫室內霧產生的性質，被覆材料如果有使水蒸氣在被覆材料表面凝結成水滴，並迅速流去就能防止霧的產生。

3.透濕性：

水蒸氣從被覆材料薄膜之一面通過到另一面的性質，透濕性的指標以透濕係數表示，所謂透濕係數是指單位時間、單位面積、單位被覆材料薄膜兩面的空氣水蒸氣壓力差，所能通過的水蒸氣量，而根據 JIS 所謂透濕度是指單位時間、單位面積通過薄膜的水蒸氣量。

下圖 為被覆材料的水蒸氣壓和透濕度的關係：

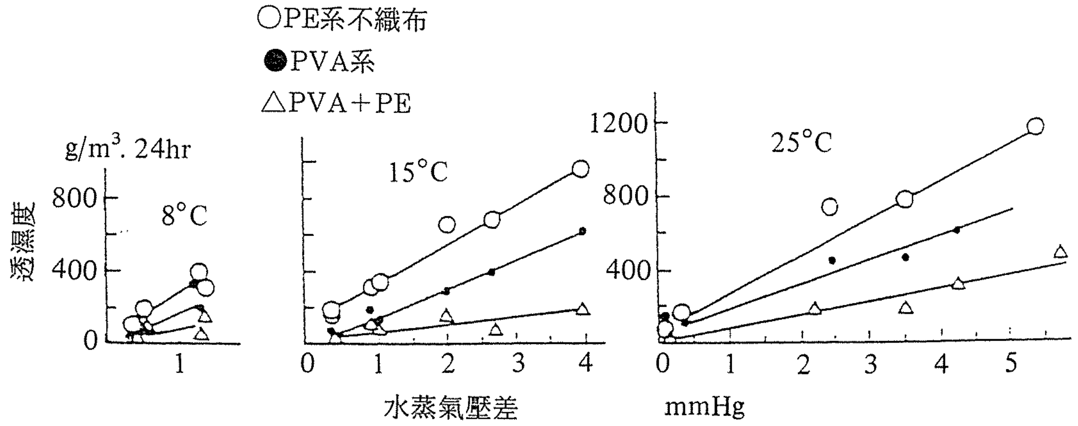


圖 12　水蒸氣壓與濕度（野菜試、施設利用研1961）
Fig. 12. Vapor pressure and humidity.

㈣機械特性：

1.展張性

顯示被覆材料在安裝展開作業過程中的難易程度的性質。

被覆材料的展張性與其搬運性、加工性、黏著性有關。黏著性是指被覆材料重疊在一起互相密著難以剝離的性質，一般 PVC 比 PE，EVA 黏著性高，尤其是在高溫時，更加顯著。

2.開閉性

可動式被覆材料（包含隧道式所用的被覆材料）開閉的難易程度。

被覆材料開閉的效率與其黏著性、伸縮性、防滴性、收藏性有關。隧道式溫室所使用的被覆材料（薄膜）打開進行換氣時較容易，但是在關閉時就與其材料的黏著性有很大的關係。另外，較易受外力伸縮的材料，其關閉性也較差。防滴性的被覆材料在開閉時，落下的水滴較少，較不會影響溫室內的環境。

3.伸縮性：

被覆材料的伸長，縮短性質。

由外力（如溫度、濕度、張力等）所引起被覆材料的伸長量與原來長度百分比表示，依照 JIS 的規格的伸縮率 PVC 薄膜230%以上，EVA 薄膜430%以上，PE 膜250%以上。但是應注意 PE 薄膜和 EVA 薄膜在伸張過長時就會產生永久的變形，在使用硬質板時，也應注意被覆材料因熱膨脹而產生的伸長量。

4.強度

被覆材料在某種狀態下的力學特性通常以被覆材料的一斷面所承受的應力表示。

被覆材料構成分子間在受到外力時會產生分子間距離的改變，同時分子間也會產生內力來恢復其原來的平衡態，此內力即為應力。

如果材料所受超過其應力數值的外力則材料即會受到破壞。所以某材料的強度即可以應力數值表示。

使用被覆材料時需考慮的強度種類有：

(1)拉張強度。

(2)拉裂荷重。

(3)變曲破壞強度：硬質板所能承受風壓，積雪荷重的指標。

(4)衝擊強度。

(5)熱收縮率。

(五)耐候性

被覆材料初期的物性不會因為日射、熱、風、雨等外界條件，而產生材質惡化的性質。各種被覆材料光透過率之變化，參看表 3 ，又塑膠製品其強度變弱之情形較為顯著。

1.玻璃：

我們都知道玻璃被覆材料是經得起時間之考驗，具有較長之耐久性。

2.塑膠薄膜：

大體而言所有的塑膠薄膜受到日光照射均易老化。如果不摻合阻化劑、吸收劑和穩定劑，PE 薄膜或是 PVC 薄膜都會受到紫外線影響。

不穩定的 PE 薄膜在受陽光照射後會變得易脆，能像紙一樣撕裂。

四、利用特性

(一)滴水性材料

易結露，適合水稻育苗，沙床育苗。

(二)不滴水性材料

不結露、透光性佳，無水滴，具降低濕度之效果，適用於一般設施園藝。

(三)防塵性材料

塑膠表面塗佈特殊防塵膜，降低灰塵污染，透光性佳，適用於強光作物。

(四)防露性材料

防止溫室內外溫差所形成的水霧，較不影響透光性。

(五)光線選擇性材料

這種材料能有夠效的限制特定波長光線通過，適合於選擇性光波作物，以調節花芽分化、開花及生育。

(六)耐候性材料

太陽光線中的紫外線是破壞塑膠材料最大的原因，如添加紫外線劑，可延長使用年限。

(七)遮光性材料

防止強烈陽光灼熱，降低陽光照射，避免強光直接照射，採用不同種類的布幔、網材能造成不同效果的良好光線。

(八)材料強度

適度的被覆材料能確保結構的安全。

表3 被覆材料日射透過率的變化（黑住）
Table 3. The changes of transmissivity.

試驗材料		厚度（mm）	開始測試年	透光率（%）												透光率之相對減少率（%）											
				初期	8個月	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年	初期	8個月	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年
軟質PVC膜	A	0.1	1974	92	81	76	74	…	…	…	…	…	…	…	…	92	12	18	20	…	…	…	…	…	…	…	…
	B	0.1	1974	92	81	76	74	…	…	…	…	…	…	…	…	92	12	17	19	…	…	…	…	…	…	…	…
	C	0.1	1974	92	88	80	77	…	…	…	…	…	…	…	…	92	4	13	16	…	…	…	…	…	…	…	…
硬質PVC膜	A	0.1	1974	92	91	89	86	87	86	…	…	…	…	…	…	92	1	4	6	6	6	…	…	…	…	…	…
	B	0.15	1977	93	…	89	88	85	86	84	79	89				93	…	5	6	9	8	10	14	4+			
PET膜		0.175	1977	92	…	86	87	86	84	81	78	79	…	…	…	92	…	7	6	7	9	12	15	14+			
PVC浪板		1.0	1974	89	88	86	84	84	85	84	83	81	81	…	…	89	1	3	6	5	5	6	7	9	9	…	…
FRP浪板	A	0.7	1974	89	88	85	81	78	71	61	52	43	43	…	…	89	1	5	10	13	20	31	42	52	52	…	…
	B	0.8	1974	86	85	84	82	82	81	80	77	75	71	68	75+	86	1	3	5	5	6	7	11	13	18	21	13+
	C	0.7	1977	90	…	86	85	81	77	68	66					90	…	4	5	9	15	24	27	…			
	D	0.8	1979	88	…	85	84	77	68	70						88	…	4	5	13	23	21+					
FRA浪板	A	0.8	1974	91	90	89	86	86	83	81	75	69	69	59	58+	91	1	3	6	5	9	11	17	24	25	36	37+
	B	0.6	1976	91	…	87	85	83	76	72	67	60	62			91	…	5	6	9	16	20	27	34	32+		
	C	0.7	1977	92	…	86	85	77	71	67	61					92	…	6	8	16	22	27	33	…			
	D	0.8	1979	90	…	88	86	84	79	78						90	…	2	5	7	12	14+					
MMA浪板	A	1.8	1980	92	…	90	88	89	90							92	…	3	4	4	3+						
	B	1.0	1980	92	…	90	88	88	88							92	…	3	5	5	5+						
PC 浪板		0.7	1980	91	…	86	83	71	85							91	…	5	9	22	7+						
玻璃	A	4.0	1974	80	79	78	76	77	76	77	77	76	76	75	78+	80	1	2	5	3	5	4	5	4	4	6	3+

五、結　　論

㈠對於一個從事溫室栽培的工作者而言，溫室被覆材料的選擇和利用必須慎重的考慮到所栽培作物的生長生理，被覆材料的用途和特性。所以我們可以表4 做為在選擇被覆材料時的參考。

表4　選擇被覆資材時應注意之特性

Table 4. Main properties to be choice in coverings.

（日本園藝施設協會1986）

特性	用途	外層	內層 固定	內層 可動	覆蓋	遮光
光學特性	透過率	●	●	◎	—	—
	分光					
	透過率	●	●	○	◎	◎
	遮光率	—	—	—	●	●
	散光率	○	—	—	—	—
熱特性	保溫性	●	●	●	—	—
	絕熱性	—	—	—	○	●
	通氣性	○	—	◎	—	—
水及濕度的特性	結滴性	●	●	●	—	*◎
	防霧性	◎	◎	◎	—	—
	透濕性	—	○	◎	—	—
機械特性	展　張					
	難易度	***●	◎	◎	—	◎
	開　張					
	難易度	●	—	●	—	●
	伸縮性	○	○	●	—	●
	強　度	●	○	○	—	**●
耐候性		●	◎	◎	○	●

● 當選擇時應特別注意的全部特性　　* 不含寒冷紗

◎ 當選擇時應特別注意的特性　　** 外層

○ 當選擇時應特別參考程度的特性　　*** 隧道

— 當選擇時應特別考慮到即可

㈡為了使選用的溫室被覆材料發揮到預期以上的效果，我們必須了解各種材料的特性，來選用合適的材料。溫室被覆材料各種特性的比較如表 5。

㈢目前台灣溫室所使用被覆材料，玻璃愈來愈少，塑膠愈來愈多。但是，塑膠材料的特性資料和試驗相當貧乏，即使有也是參考國外的資料，所以當今之務就是要發展出適合國內環境的資料和試驗，並規定廠商提供材料特性實驗報告，以保證品質，保護消費者權益。

㈣各材料特性之實驗，由實驗方法、室內溫濕度條件及儀器等不同會顯出不同之結果，故農業主管當局函請中央標準局訂定農業用被覆料試驗方法以資遵循。

表 5　各種被覆材料的特性比較（日本施設園藝協會、1986）

Table 5. Comparison of properties of coverings.

被　覆		光透過性	紫外線透過性	擴散性	隔熱性	防滴性	防霧性	展張性 難　易	開閉性 難　易	強　度	伸縮性	耐候性
玻璃		◎	透	小	○	有		×	—	強度差	小	◎
硬質板	FRP	○	不透	中	○	無		△	—	異大，	中	○
	FRA	○	透	中～大	○	無	有	△	—	設計施	中	○
	MMA	○	透～不	小	○	但展開		△	—	工時應	大	◎
	P C	○	不透	小	○	後噴藥		△	—	適當，	大	◎
硬質薄膜		○	透～不	小	○	劑可變		△	—	以確保	漸收縮	○
軟質薄膜	PVC	○	透～不	小～中	○	有（部分無）	部分有	○	稍難	其強度	雖有柔軟性，	△
	EVA	○	透（部分透）	小	△	有	無	○	易		除PVC外不具	△
	P E	○	透	小	△	無～有	無	○	易		彈性。	×

註◎好。　○稍好。　△稍劣。　×：劣。

參考文獻

1. 王鼎盛　1987　設施園藝設計手冊 p13—38 行政院農業委員會。
2. 王進雄　1987 溫室覆蓋資材之開發與利用　設施園藝研討會專集 p.163—168　台灣省農業試驗所。
3. 莊新烈　1988　塑膠材料集。
4. 溫室管理　1980　p91—115　臺灣商務印書局。
5. 日本施設園藝協會　1988　設施園藝　HANDBOOK p90—108　日本農民新聞社。

THE CHARACTERISTICS AND UTILIZATION OF THE COVERING MATERIALS FOR GREENHOUSES

Tin-Sen Wang

Associate Professor
Department of Agricultural Engineering, National Taiwan Univerity

ABSTRACT

The main purpose of the greenhouse is to modify the natural environment in order to obtain the optimum situation for the plant growth; therefore, the construction of greenhouse must consider the environmental factors of plant growth, such as:
light, temperature, air components.:.etc.

Now, a lot of covering materials for greenhouses have been widely used in Taiwan. There have ten fundamental covering materials that may have almost thousands band productions. This research aims on introduction of light characterization, light transmissivity, thermodynamics, humidity, mechanics, agedness..etc. Finally, the suitable covering materials will be suggested to different plant in order to fit horticultural environment.

溫室洋香瓜之養分吸收試驗

沈再發 許森森*
農試所鳳山熱帶園藝試驗分所

摘　要

溫室洋香瓜（*Cucumis melo* L.）以浮根式水耕行減液量、吸收養分濃度之變化及NO_3／NH_4比率對生育及養分吸收之影響試驗，結果顯示溫室洋香瓜之生育時期依養液之吸收量可分為授粉前之營養生長期、授粉小果期、果實肥大期和果實成熟期等四個階段。養液吸收量以果實肥大期最多，其次為果實成熟期、授粉小果期，而以營養生長期最少。其硝酸態氮（NO_3-N）、磷（P）、鉀（K）、鈣（Ca）、鎂（Mg）的吸收濃度，春作分別為13.98、4、5.33、7.26、3.98 me/ 1，夏作分別為 15.09 、4、7.35、6.59、4.26me/ 1。生長期別的要素吸收量，則以授粉小果期最高，營養生長期最低。

以不同NO_3/ NH_4比率（12:0，10:2，8:4，6:6）的養液對溫室洋香瓜之生育影響試驗，顯示養液中氨態氣的比率增加時，植物體內之含鈣量相對的降低。適合溫室洋香瓜生育的NO_3/ NH_4比率為10:2。

一、緒　言

溫室洋香瓜之土耕栽培，以水田土與有機肥料混合為床土。以灌水技術配合生育之階段，做為養分吸收的調節手段。依日本之增井（1968）等報告得知土耕栽培氮素之每日平均吸收速度，於授粉前之土壤 pF 低時逐漸增加，授粉後第10天果實正是肥大時期提高土壤之 pF 是為使氮素之吸收減少。因此，日本的溫室洋香瓜土耕栽培，其外觀、糖度等良好的品質之保持是依不同生育之階段調節其水分和養分的吸收。然而目前的養液栽培根部經常與養液接觸，養分吸收充足，形成生長發育調節不易，及高品質洋香瓜生產之困難。

本試驗基於養液栽培觀點，營養的調節及供給需要，首先調查其養分吸收的狀況，做為將來生育控制之基礎，以溫室洋香瓜生育過程的水分與養分之吸收情形進行調查，然後再行不同氮源比率對生育之影響，分二階段進行試驗。

溫室洋香瓜之養分吸收，山崎氏（1976）就培養液管理觀點訂定其吸收之濃度。該組成濃度經鳳山熱帶園藝試驗分所於1985年秋作和1986年夏作試驗結果顯示無論秋作或夏作，養分吸收略有不同外，其生育期可分為授粉前之營養生長期、授粉小果期、果實肥大期和果實成熟期等四個

---

* 農試所鳳山熱帶園藝試驗分所分所長和助理

吸收階段。為瞭解各階段之吸收濃度，本試驗春夏兩季以各階段吸收之成分與消耗養液量計算不同階段之消耗濃度，以供將來調節控制之參考。

另有關溫室洋香瓜對不同氮素形態的吸收，池田（1983）之試驗指出，洋香瓜不論 pH 之高低對氨態氮（NH_4—N）為選擇性或優先性的吸收。增井（1982）等行洋香瓜不同NO_3和NH_4比率的砂耕試驗，顯示隨氨態氮（NH_4—N）濃度增高時，生育降低，果重減少，而果實糖度略為提高，同時葉部之氮含量也隨氨態氮之提高而增加。本試驗以硝酸態氮單獨使用，與不同 NO_3／NH_4 比率氮源併用行水耕試驗，比較對溫室洋香瓜的生育影響，提供養液栽培之氮源比率的基礎資料。

二、材料與方法

(一)不同生育階段之養分吸收濃度試驗

1. 供試品種計有 Earl′s 春系、Earl′s 夏系和 B—502 等三品種。
2. 培養液之肥料組成濃度，依日本山崎氏（1976）之洋香瓜配方，其硝酸態氮（NO_3—N）、磷（P）、鉀（K）、鈣（Ca）、鎂（Mg）之濃度分別為13、4、6、7、3 me／l（表1）。微量要素之濃度依 Hoagland and Arnon（1940）標準，Fe—EDTA 為濃度 3ppm。

表 1　水耕洋香瓜供試養液之組成（山崎，1976）

Table 1. Composition of the nutrient solution used for floating hydroponics in muskmelon (Yamasaki 1976)

肥料鹽	me/l				
	N	P	K	Ca	Mg
$Ca(NO_3)\cdot 4H_2O$	7	—	—	7	—
KNO_3	6	—	6	—	—
$NH_4H_2PO_4$	1.3	4	—	—	—
$MgSO_4\cdot 7H_2O$	—	—	—	—	3

微量要素 (ppm)　Fe : 3　　Cu : 0.02
B : 0.5　　Zn : 0.05
Mn : 0.5　　Mo : 0.02

3. 栽培方法：

(1)於塑膠溫室內設栽培床8個。每床長18公尺、寬80公分、床深20公分。以有孔萬能網為浮媒體（萬能網之網孔大小為1.9×1.9mm），並配合保麗龍條墊於萬能網下做為浮媒介質。於萬能網上再覆蓋吸水不織布（Spunbonded polyester 2mm厚）和尼龍布各一層。以水位控制器控制栽培床內經常保持同樣養液量，總計爲 11,558 公升，並於高處設十噸容量養液槽，以相同濃度之培養液補充所消耗的養液量。另裝置等量交換泵浦二個（甲乙兩個），甲泵浦自單號栽培床抽水至雙號栽培床，使單號栽培床水位降低形成一空間，而雙號栽培床形成高水位。經由栽培床間之連通迴水管使成水平後，再由乙泵浦自雙號栽培床抽水至單號栽培床，同樣使雙號栽培床降低水位形成一空間（圖1）。如此每日以四次交換，每次抽水15分鐘。

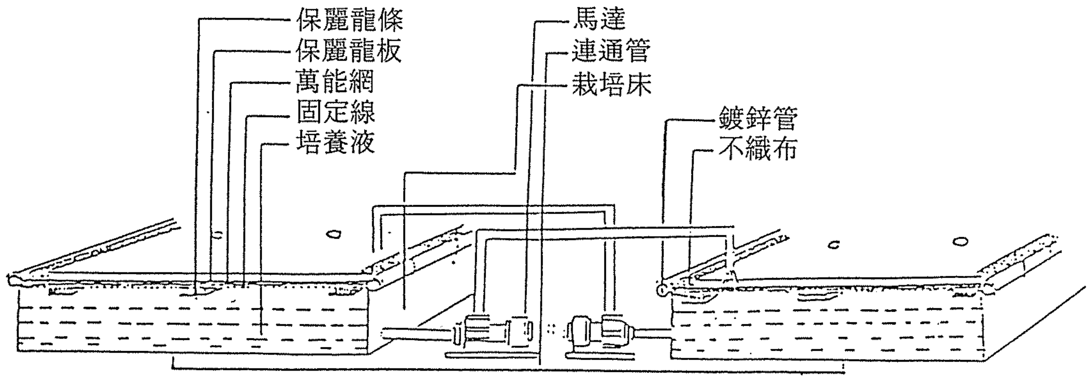


圖 1　洋香瓜試驗用水耕裝置

Fig. 1. Diagram of hydroponics used in experiment.

(2)種子殺菌後於30℃恆溫箱催芽一天，種子發芽後隨即以3cm³海綿之中間切口處播種，並以稀薄之培養液（E.C.　0.6—0.8m mho/ cm ）保持約1公分水位育苗約二週。苗長出2—3片本葉時移植於保麗龍板的定植穴上。春作76年2月27日，夏作76年6月24日定植。每床種兩行，株距為1公尺。每床定植35株，全溫室計280株。定植後採單幹整枝方法，其植株以鍍鋅管支架和繩固定，使往上呈垂直生長。於12—15節留側枝使其開雌花，每株授粉三個雌花。春作於4月1—8日授粉，夏作於7月20—21日授粉。授粉後除去其他側枝，頂芽於第24—25節行摘心。授粉後春作45—50天，夏作42—44天收穫果實。

(3)測定培養液之 pH 和電導度（E. C.）之感應器（Sensor）裝置於栽培床培養液中，以電腦自動記錄，每週取培養液分析氮、磷、鉀、鈣、鎂等五種主要元素。硝酸態氮以酚硫酸比色法、鈣和鎂以原子分析儀、鉀以焰光分析法、磷以Ammonium Vanadate Molybdate法測定。另養液消耗量的測定則以水位控制器，並以水錶之流量計每日記錄之。

(二)培養液中不同 NO_3／NH_4比率對洋香瓜之生育影響

1. 供試品種：FS—30（鳳試選）、Earl′s 夏系（日本八江種苗）、Sapphire（八江種苗）、B—502（布袋陳三雄）四個品種。
2. 培養液之肥料成分：參照日本山崎之洋香瓜吸收濃度標準和丹麥 Grodan 公司之洋香瓜推薦標準量。主要素以氮12、磷3、鉀7、鈣8、鎂4 me／l為基本培養液。微量要素之濃度各處理皆依 Hoagland and Arnon（1940），Fe—EDTA 同樣以3ppm 濃度。其中氮源依 NO_3：NH_4 濃度比為12：0、10：2、8：4、6：6，分成四種處理（如表2）。
3. 栽培方法：

(1)本試驗在12m×38m 面積為416m²之玻璃溫室內進行。以 FRP 製70cm寬、12cm深、15m 長的栽培床16個，依肥料處理設計 NO_3／NH_4 之比率，每處理四重覆。於地下設養液池四個，每池容量為5公噸。養液由各養液池經馬達定時抽液到栽培床內。栽培床以水位控制，使養液迴流至養液池形成養液由栽培床和養液池相互循環。培養液之補充視養液池內養液量將用盡時，照原肥料標準分別補充之。

表 2 不同NO_3／NH_4比率培養液濃度

Table 2. Nutrient concentrations and ratios of NO_3/NH_4 in nutrient solution used for the growth of muskmelon

肥料鹽	NO_3/NH_4 (me/l)			
	12/0	10/2	8/4	6/6
KH_2PO_4	1 mM	1 mM	1 mM	1 mM
KNO_3	4	4	4	4
$Ca(NO_3)_2$	4	3	2	1
$MgSO_4$	2	2	2	2
$CaCl_2$	0	1	2	3
$(NH_4)_2SO_4$	0	1	2	3
Microelements (ppm)	Fe : 3	Cu : 0.02		
	B : 0.5	Zn : 0.05		
	Mn : 0.5	Mo : 0.02		

(2)栽培床內以萬能網（Vannet 網孔2.0×2.0mm）為浮根媒體，以保利龍板於固定位置留定植孔並覆蓋於床上。每栽培床種植兩行，行株距為45公分。種子於76年6月23日播種於海綿（3cm³）上育苗，育苗16日後幼苗本葉展開2—3片時，定植於試驗栽培床。植株以鍍鋅管支架和繩固定，使往上呈垂直生長。8月7—9日於第12—15節授粉3個雌花，果實約雞蛋大小時選擇優良者保留一個，到9月17—19日採收。

(3)測定培養液之 pH 值和電導度（EC）之感應器（Sensor）裝置於栽培床培養液中，以電腦自動記錄。每週調查培養液之 pH、EC 及多量要素之分析，包括氮（分硝酸態和氨態）、磷、鉀、鈣、鎂等五種主要元素。生育期中調查植株地上部重、株高和葉大小、莖粗細及果實（包括重量、糖度、收穫期）等。植體多量要素濃度分析全氮以 Kjeldahl 、鈣和鎂以原子分析儀、鉀以焰光分析法、磷以 Ammoniun Vanadate Molybdate 法測定。

三、結果與討論

㈠不同生育階段之養分吸收濃度試驗

1.生育方面：

本次試驗分春作與夏作，其品種別之收穫調查如表 3 。春作定植後約32—38日授粉，授粉後約45—50日收穫。夏作定植後28日授粉，授粉後僅42—44日就可收穫。果實之糖度、果重與栽培季節及品種有關；春作糖度較夏作高，果重則夏作較春作高。而品種上顯示無論春夏作本省所育成之 B—502 較甜，其次各 Earl's 夏系，Earl's 春系再次之。

表 3 溫室洋香瓜之生育與收穫調查

Table 3. The investigation on growth, yield and qualities of muskmelon

	品種	授粉期	採收期	著果節位	果肉厚（cm）	糖度（Brix）	果重（g）
春	Earl's 春系	4/1—4/9	5/15—5/21	11.4	4.1	12.9	1960
	Earl's 夏系	4/1—4/8	5/14—5/21	12.8	3.7	13.9	1713
作	B-502	4/1—4/7	5/15—5/21	12.4	3.9	17.3	1607
夏	Earl's 春系	7/21	9/1	11.8	3.7	10.1	2090
	Earl's 夏系	7/20	8/30	9.8	3.1	12.4	1840
作	B-502	7/20	9/2	11.1	3.8	15.3	2108

2.培養液之 E C 和 pH 及消耗量的變化

栽培期間培養液之 pH 和 EC 之變化如圖 2 。春作的4月3日和夏作的7月22日適為交配期間，其 EC 皆略為下降，而後逐漸上升之趨勢。pH 栽培初期逐漸下降，於著果後再略上升，果實肥大期又微降，成熟期再上升。

栽培期間平均養液之消耗量（包括吸收、蒸散和蒸發量）每日雖然依氣候條件而有異，但是無論春、夏作皆可依消耗量多少而分為營養生長期、授粉小果期、果實肥大期與果實成熟期四個階段如圖 3 和圖 4 。消耗量以果實肥大期最多，其次為果實成熟期，再次為授粉小果期，而營養生長期最少。果實肥大期每株每日春作為1.85公升、夏作高達2.46公升。其生育期間每株每日的平均夏作為1.66公升、春作為1.27公升（表 4 ）。

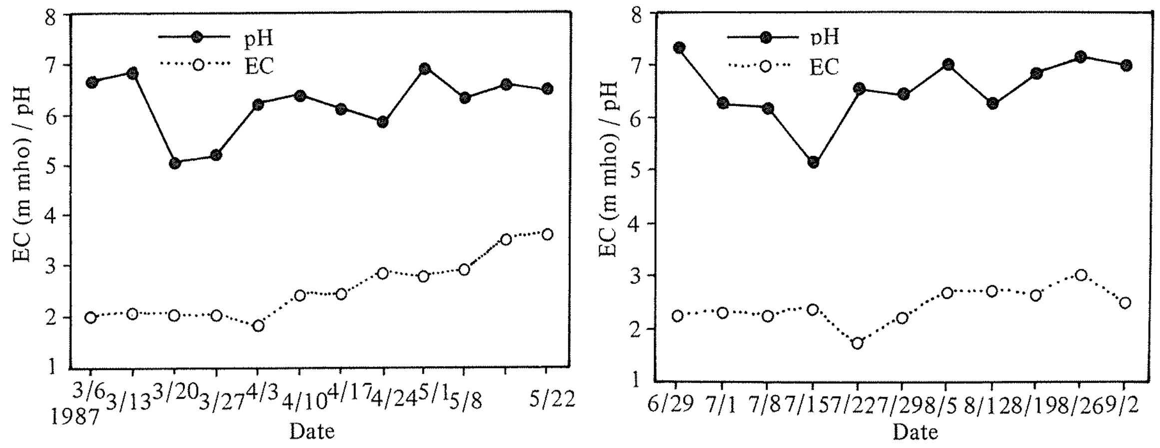


圖 2 春作和夏作溫室洋香瓜培養液之pH和EC變化（1987）

Fig. 2. Changes of pH and EC (electrical conductivity) in the nutrient solution during the growing period of muskmelon in 1987.

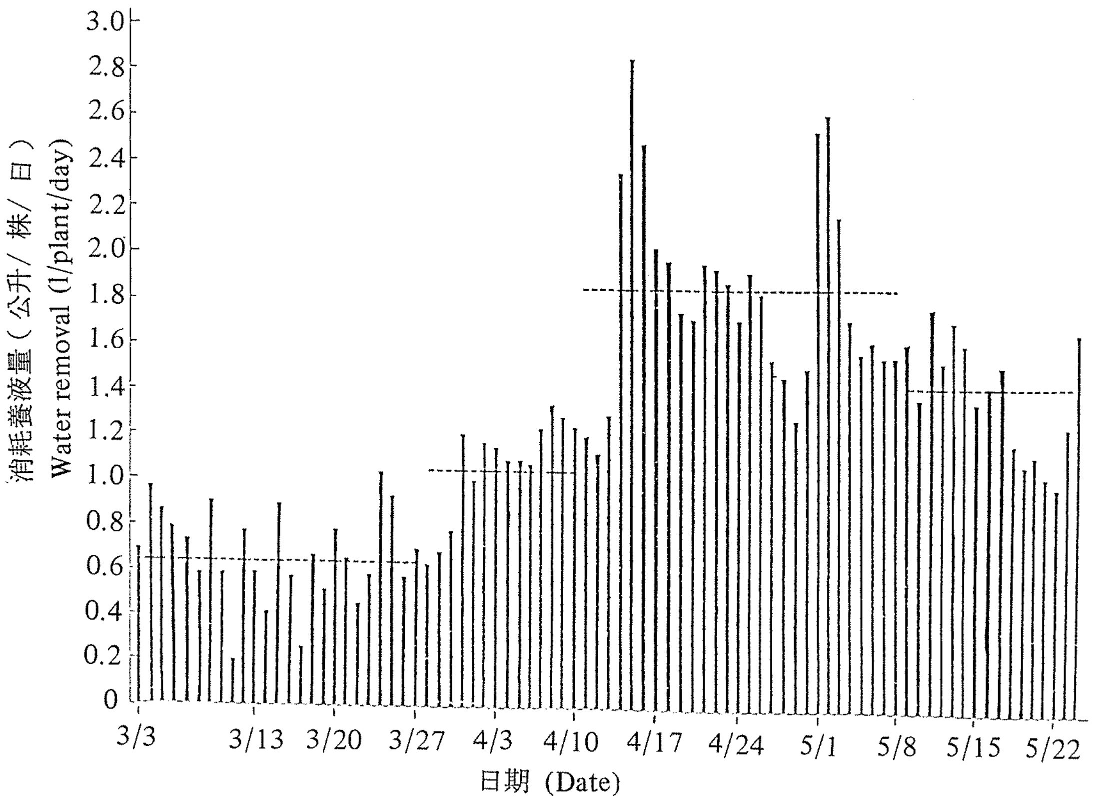


圖 3 春作洋香瓜養液消耗量（1987）

Fig. 3. Water removal by muskmelon grown in spring, 1987.

表 4 溫室洋香瓜生育期別養液消耗量（公升）

Table 4. Water removal by muskmelon at different growing stages (1).

		營養生長期	授粉小果期	果實肥大期	果實成熟期	平均
總量	春作	5249	4126	14471	6289	–
	夏作	4074	5856	14742	7209	–
株/日	春作	0.67	1.05	1.85	1.39	1.27
	夏作	0.66	1.49	2.46	1.96	1.66

3.培養液中要素濃度與吸收濃度的變化

春作和夏作依其生育階段將培養液取樣分析多量要素之濃度變化如表 5 和表 6 。春作和夏作之硝酸態氮（NO_3—N）皆在營養生長期逐漸上升後，就逐漸下降，磷之濃度則較所供給之 4 me／l 為低，但生育期間皆未見有任何缺磷現象。鉀之濃度春作之前期皆無多大變化，於果實成熟期濃度增。夏作則授粉小果期和果實肥大期濃度降低，果實成熟期濃度再提高。鈣之濃度變化則無論春、夏作皆隨生育時期而逐漸提高，鎂之濃度春作也隨生育階段而逐

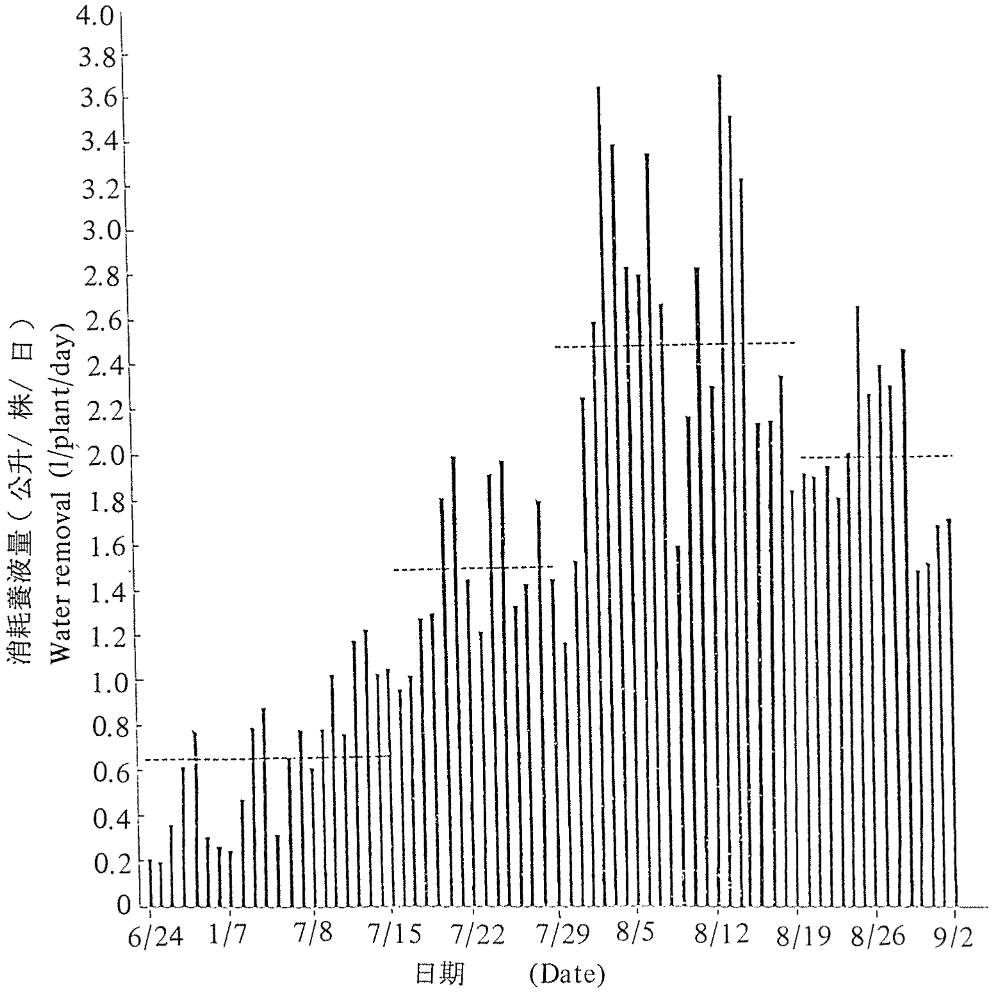


圖 4 夏作洋香瓜養液消耗量（1987）

Fig. 4. Water removal by muskmelon grown in summer, 1987.

表 5 春作溫室洋香瓜水耕生育期間養液中之要素濃度變化（me/ l）

Table 5. Changes of element concentrations in nutrient solution for muskmelon grown in spring, 1987. (me/l)

要素＼日期	3/3	3/37	4/10	5/8	5/22
		營養生長期	授粉小果期	果實肥大期	果實成熟期
NO_3-N	14.30	17.40	16.20	16.30	15.10
P	0.70	0.20	0.10	0.20	0.24
K	6.97	7.00	6.97	9.44	11.13
Ca	9.90	11.60	11.80	15.80	16.60
Mg	5.00	6.00	6.40	7.20	7.60

表 6 夏作溫室洋香瓜水耕生育期間養液中之要素濃度變化（me/ 1）

Table 6. Changes of element concentrations in nutrient solution for muskmelon grown in summer, 1987 (me/l)

日期 / 要素	6/24	7/15	7/29	8/18	9/2
	營養生長期	授粉小果期	果實肥大期	果實成熟期	
NO_3-N	15.60	18.00	16.80	17.90	17.00
P	0.70	0.20	0.10	0.10	0.20
K	7.50	7.30	5.50	5.10	7.90
Ca	8.40	9.50	10.00	11.30	13.40
Mg	4.30	4.40	4.40	4.50	4.40

漸提高，夏作則變化較穩定。

以表 5 和表 6 之培養液濃度變化與所消耗之養液量（表 4）來計算其生育期別的養液消耗濃度。其計算方法：

生育期別之要素消耗濃度（me／l）＝（栽培床要素之濃度×床內養液量 l＋補充養液要素之濃度×生育期別補充養液量 l－床內剩餘養液之要素濃度×床內剩餘養液量 l）÷消耗養液量 l。

如春季之營養生長期和授粉小果期之硝酸態氮素消耗濃度計算為：

（11558×14.3＋5249×14.3－11558×17.4）÷5249＝7.47（me／l）

（11558×17.4＋4126×14.3－11558×16.2）÷4126＝17.66（me／l）

依此計算，其生育期別的消耗濃度列於表 7。其消耗濃度硝酸態氮以授粉小果期最高，其次為果實成熟期、果實肥大期，以營養生長期最低。鉀於授粉小果期最高，而後逐漸隨生育階段而降低。鈣也略有同樣趨勢。鎂則變化較少。季節別的差異上，夏作之硝酸態氮和鉀之吸收濃度比春作高。另值得注意的是春作鈣的平均吸收濃度比鉀濃度高，但是夏作時鉀比鈣為高。

以生育期別之吸收濃度來計算該期消耗之養液量內所含之要素量如表 8。計算時以各培季節之生育期別的要消耗濃度（表 5 和表 6），乘以各該生育期別之株每日之養液消耗量（表 4），並換算為重量表示之。例如春作營養生長期（3 月 3 日－3 月27日）之硝酸態氮之每日每株吸收量為：14mg×7.47（me／ℓ）×0.67（ℓ）＝70.07mg＝0.07g.其每株每日之要素吸收量也隨生育期別而不同；大致而言，以果實肥大期之要素吸收量最大，硝酸態氮之吸收量春作每日為0.37公克、夏作達0.51公克，為營養生長期之5—6倍。磷之吸收濃度以供給之4me／ℓ計算，同樣以果實肥大期最高。鉀則於果實肥大期吸收量多，而果實成熟期吸收量減少。鈣趨勢也略與鉀相同，但是春作之果實成熟期吸收量仍相當大。

每株之要素吸收總量如表 9，其計算由每株每日之養液消耗量（表 4）乘以生育日數（春作爲83天，夏作爲71天），再乘以該栽培時期之平均要素消耗濃度（表 7），後換算成重量（公克）表示之。例如硝酸態氮之每株吸收總量．

表 7 溫室洋香瓜生育期別之要素消耗濃度的變化（me/ 1）

Table 7. Element concentrations of water removal at different growing stage of muskmelon (me/l)

作別	成分	營養生長期	授粉小果期	果實肥大期	果實成熟期	平均
春	NO_3-N	7.47	17.66	14.22	16.51	13.98
	P	—	—	—	—	4.00
	K	6.90	7.05	5.00	3.86	5.33
	Ca	6.16	9.34	6.71	8.43	7.26
作	Mg	2.79	3.88	4.36	4.26	3.98
夏	NO_3-N	8.79	17.97	14.74	17.04	15.09
	P	—	—	—	—	4.00
	K	7.87	9.05	5.41	3.41	7.35
	Ca	5.28	7.41	7.38	5.03	6.59
作	Mg	4.02	4.3	4.22	4.46	4.26

表 8 溫室洋香瓜水耕生育期別養分之吸收量（公克/ 株/ 日）

Table 8. Removal of nutrients at different growing stages of muskmelon (g/plant/day)

作別	成分	營養生長期	授粉小果實期	果實肥大期	果實成熟期	平均
春	NO_3-N	0.07	0.26	0.37	0.32	0.25
	P	0.03	0.04	0.08	0.06	0.05
	K	0.18	0.29	0.36	0.21	0.26
	Ca	0.08	0.20	0.25	0.23	0.18
作	Mg	0.02	0.05	0.10	0.07	0.06
夏	NO_3-N	0.08	0.38	0.51	0.47	0.35
	P	0.03	0.06	0.10	0.08	0.07
	K	0.20	0.53	0.52	0.26	0.48
	Ca	0.07	0.22	0.36	0.20	0.22
作	Mg	0.03	0.08	0.13	0.11	0.09

春作為 1.27（ℓ）×83（日）×13.98（me／ℓ）×14 mg＝20.6 g.

夏作為 1.66（ℓ）×71（日）×15.09（me／ℓ）×14 mg＝24.9 g.

春作每株香瓜水耕要素之吸收總量 硝酸態氮、磷、鉀、鈣、鎂分別為20.6、4.34、21.9、

表 9 溫室洋香瓜水耕要素之吸收總量（公克/ 株）
Table 9. Total removal nutrients uptake of muskmelon grown by hydroponics (g/plant)

	NO_3-N	P	K	Ca	Mg	Water (1)
春作	20.6	4.34	21.9	15.3	5.0	105
夏作	24.9	4.86	33.7	15.5	6.0	118

15.3和5.0公克。而夏作分別為24.9、4.86、33.7、15.5和6.0公克。可見水耕洋香瓜，因根部經常與養液接觸，較土耕吸收較多之水分和餐分，尤其是氮素之吸收量。

溫室洋香瓜之養分吸收特性已有許多報告。鳳山熱帶園藝試驗分所1986年以山崎洋香瓜配方行試作結果，無論秋作或夏作，其吸收曲線大致可分為營養生長期、授粉小果期、果實肥大期和果實成熟期四個階段。而於授粉小果期要素之吸收量增強，使培養液濃度降低，並經證明該培養液大致可維持在平衡範圍內，但需要留意小果期培養液之 pH 下降問題。籠橋（1978）以水耕調查溫室洋香瓜之養分吸收量時指出於授粉後15天才下降，該氏又指出於授粉期每株每日氮之吸收量高達0.5公克，每株氮之吸收總量超過20公克。本試驗經養液消耗量，再確定溫室洋香瓜依生育階段之養分吸收量可分成營養生長期、授粉小果期、果實肥大期和果實成熟期。並經由養液分析計算出各生育期的要素消耗濃度。此養液消耗量以果實肥大期消耗最大，而要素消耗濃度則以授粉小果期最高。且夏作之氮、鉀肥吸收濃度提高。更值得注意的是春季鈣的吸收濃度比鉀為高，但夏季時鉀濃度較鈣為高，可見夏季鈣之吸收降低，乃由於高液溫條件下之吸收和運輸減少所致。

小川，桔（1976）於胡瓜試驗上指出溫度超過20℃以上時對鈣、鎂之吸收降低。山崎（1974）等以番茄行不同晝夜溫度之養分吸收調查、發現於22°—27℃高溫室栽培者比14°—24℃低室栽培者植體鈣的含量較低。本分所1986年之夏作試驗及本次之夏作試驗，證實溫室洋香瓜在高液溫下鈣之吸收降低，而鎂並未受影響。

日本有名靜岡縣的溫室洋香瓜土耕栽培的重要技術在於水分控制，大致可分五階段：第一、定植後多灌水，培養成生長樹勢，即於授粉前使土壤 pF 降低。第二、於授粉時略減少灌水，使著果率提高。第三、選果後增加灌水量，使果實發育肥大。第四、果實的網紋形成期逐漸控制水分，使果實網紋形成均勻美觀。第五、收穫10天前行斷水處理以得到高品質之溫室洋香瓜。然而在養液栽培上尤其水耕，由於根是經常接觸養液中，養分和水分可得到充分之吸收，因此以水分來控制其生育將有所困難。本試驗僅就養液栽培上其養分吸收的特性先行做基礎資料，提供將來提高品質的養液栽培管理的控制參考。

㈡培養液中之 NO_3／NH_4 比率對溫室洋香瓜之生育影響

1.生育方面：

在供試四個品種於定植後第二十八天（8月6日）行生長調查結果如表10。大致以含氨態氮高者，植株較高，葉寬也略大，莖粗和葉長未見有所差異。收穫之果實重量則以 NO_3：NH_4＝10：2或8：4較重，而果實之糖度也以 NO_3：NO_4＝10：2和8：4較高。品種則鳳山分所和嘉義陳姓農家所選之 FS—30 和 B—502 糖度較高。在植體之乾物率方面，顯示養液中氨態氮比率高者會降低葉片乾重，但對莖則無顯著差異（表11）。

2.培養液 EC 和 pH 之變化

pH 之變化曲線顯示不同 NO_3／NH_4 比率之四處理大致相同，初期微升，於授粉期（8月9日）略為下降。自8月12日到8月26日之果實肥大期再逐漸上升，然後下降。待果實成熟期的最後一週又上升。在不同 NO_3／NH_4 比率情況顯示不含氨態氮者培養液之 pH 略高，而含氨態氮者 pH 低，含氨態氮愈多者，其 pH 愈低（圖 5 ）。

EC 變化也呈現四種處理之曲線很為類似，恂隨生長時期而逐漸升高之趨，但不同 NO_3／ NH_4 比率間則顯示氨態氮比率高者，培養液之 EC 也較高。值得注意的是 NO_3：NH_4＝10：2 較 8：4 和 6：6 於生長後期之 EC 為穩定（圖 5 ）。

表10. 培養液中之NO_3與NH_4比率對溫室洋香瓜之生育影響＊
Table 10. Effects of the ratios of NO_3/NH_4 in nutrient solution on the growth of greenhouse muskmelon

品種	NO_3: NH_4	生長狀況				果實	
		株高 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	莖粗 (cm)	果重 (g)	糖度 (Brix)
Sapphire	12:0	115.2^{c}	11.4^{c}	16.2^{d}	6.2^{c}	1281.3^{a}	10.6^{ab}
	10:2	124.4^{bc}	15.0^{a}	22.5^{a}	7.9^{a}	1268.8^{ab}	11.5^{a}
	8:4	134.0^{b}	13.0^{b}	18.5^{c}	7.2^{bc}	1312.5^{a}	11.3^{a}
	6:6	153.4^{a}	14.6^{ab}	20.1^{b}	7.6^{cb}	1025^{b}	9.5^{b}
B-502	12:0	92.4^{a}	12.5^{a}	17.6^{bc}	6.7^{a}	1093.8^{b}	12.4^{a}
	10:2	94.9^{a}	12.9^{ab}	18.9^{ac}	7.0^{a}	1275^{a}	13.2^{a}
	8:4	102.5^{a}	13.8^{a}	20.0^{a}	7.5^{a}	1287.5^{a}	13.1^{a}
	6:6	93.7^{a}	12.0^{ab}	17.2^{b}	7.0^{a}	962.5^{c}	13.1^{a}
FS-30	12:0	129.4^{a}	10.8^{b}	16.4^{b}	6.4^{a}	1057.1^{c}	13.1^{a}
	10:2	155.2^{a}	13.4^{a}	19.5^{a}	7.1^{a}	1585.7^{a}	14.7^{a}
	8:4	156.8^{a}	12.7^{a}	17.9^{b}	6.3^{a}	1378.6^{b}	14.6^{a}
	6:6	157.0^{a}	12.7^{a}	18.1^{ab}	6.7^{a}	1178.6^{c}	12.6^{b}
Earl's-78 夏系	12:0	132.6^{b}	11.2^{b}	18.2^{b}	7.3^{a}	1400^{a}	10.4^{b}
	10:2	124.2^{b}	12.1^{ab}	18.8^{ab}	7.5^{a}	1387.5^{a}	13.3^{a}
	8:4	165.3^{a}	12.9^{a}	20.0^{a}	7.3^{a}	1512.5^{a}	11.7^{ab}
	6:6	154.8^{a}	11.5^{a}	17.6^{b}	6.6^{b}	1437.5^{a}	12.3^{a}

＊授粉前一日（8月6日）調查
Mean values in a column with similar letters did not differ significantly at 5% level.

表11. 培養液中不同NO_3/ NH_4比率對植體乾物率的影響
Table 11. Effect of different NO_3/NH_4 ratios on percentage of dry weight of muskmelon plants

Varieties	$NO_3:NH_4$	Leaves	Stem
Sapphire	12:0	18.01[a]	9.27[a]
	10:2	19.02[a]	9.46[a]
	8:4	16.44[b]	9.25[a]
	6:6	13.89[c]	9.27[a]
B-502	12:0	15.24[a]	8.5[a]
	10:2	17.23[a]	8.85[a]
	8:4	15.20[a]	9.01[a]
	6:6	12.62[b]	7.95[a]

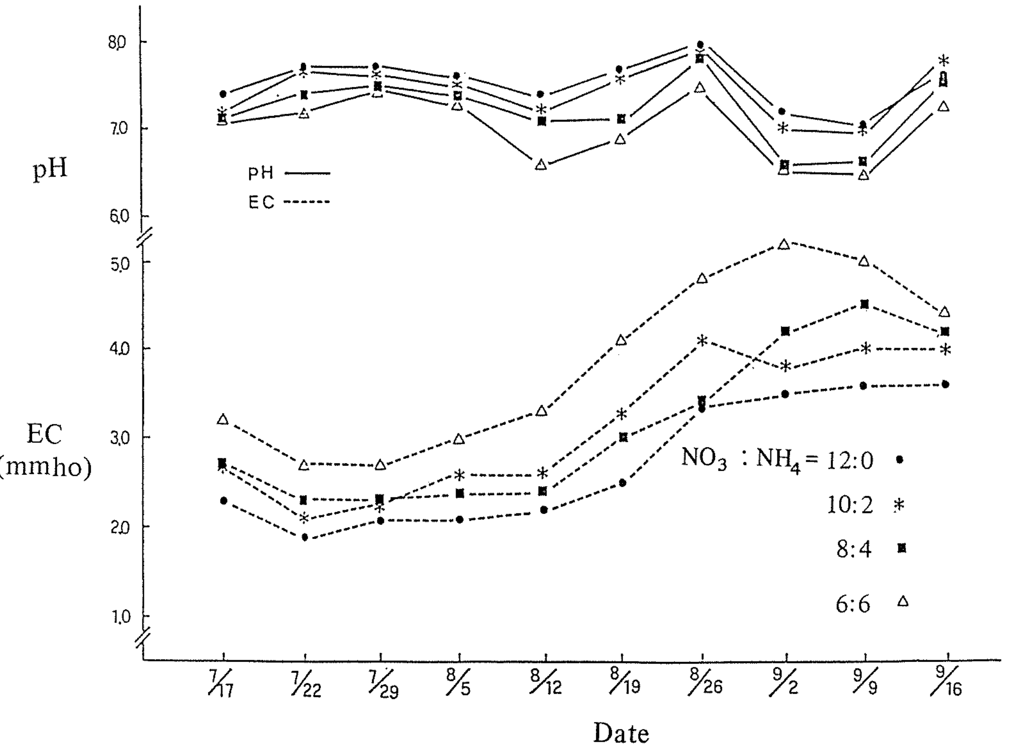


圖 5 NO_3/ NH_4比率對洋香瓜養液栽培之pH和EC變化之影響
Fig. 5. Effects of NO_3/NH_4 ratios on the changes of pH and EC of the nutrient solution.

3.培養液與植體之多量要素的變化

氮：培養液中硝酸態氮之變化，四處理皆於8月5日（授粉期）下降最低，然後再逐漸上升。同時硝酸態氮之含量高者，其培養液中之硝酸態氮量也高，氨態氮之含量高者，其培養液中之硝酸態氮相對的降低。而 NO_3：NH_4＝10：2，其生長後期自授粉後19日到收穫止（8月26日—9月26日）之變化也較為穩定（圖 6 ）。氨態氮除培養液中不含氨態氮外，其餘氨態氮含量高者培養液中就含有較高之氨態氮。NO_3：NH_4＝6：6者整期含有較高之氨態氮。NO_3：NH_4＝10：2者，則於初期含有少量，自8月5日起雖然循環之培養液中仍有氨態氮，但栽培床之養液中無氨態氮（圖 7 ）。就植體而言，培養液中氨態氮含量高者，其葉和莖之全氮含量也增加（表12）。這由於洋香瓜吸收較多氨態氮的結果。

磷：培養液中四處理之變化趨向很一致，由初期較高濃度逐漸略為降低，而且很穩定，變化不大。（圖 8 ）。植體莖與葉的磷濃度也無明顯差別（表12）。

鉀：培養液中四處理之變化大致相同，生長初期到生長後期四處理皆頗為穩定（圖 9 ）。培養液中含氨態氮比率高者，鉀之濃度亦略偏高。而植體鉀含量上，葉部則呈現培養液中氨態氮比率高者，含鉀量較低的趨勢，而莖部則濃度大致相近（表12）。

鈣：鈣在培養液中的變化差異很特殊，四處理自栽培初期逐漸上升，到 9 月 2 日則略為下降，培養液中含氨態氮比率愈高者，則培養液中鈣之殘餘量愈多，以 NO_3：NH_4＝6：6者剩餘最高之鈣量。隨氨態氮之比率降低，培養液中之鈣濃度亦較少（圖10）。植體的鈣含量更是顯示出培養液中含氨態氮比率高者，無論莖與葉其含鈣量的降低（表12）。印證出培養液中的鈣含量與植體吸收成一致性。

鎂：培養液中四處理的變化很一致，初期氨態氮比率高者，培養液中也隨而剩下較高的濃度外，後期則皆很一致，亦即所供給的濃度與吸收的濃度近乎平衡（圖11）。在植體上，則略顯出氨態氮比率高者，其莖葉的鎂含量略有較低的現象。（表12）

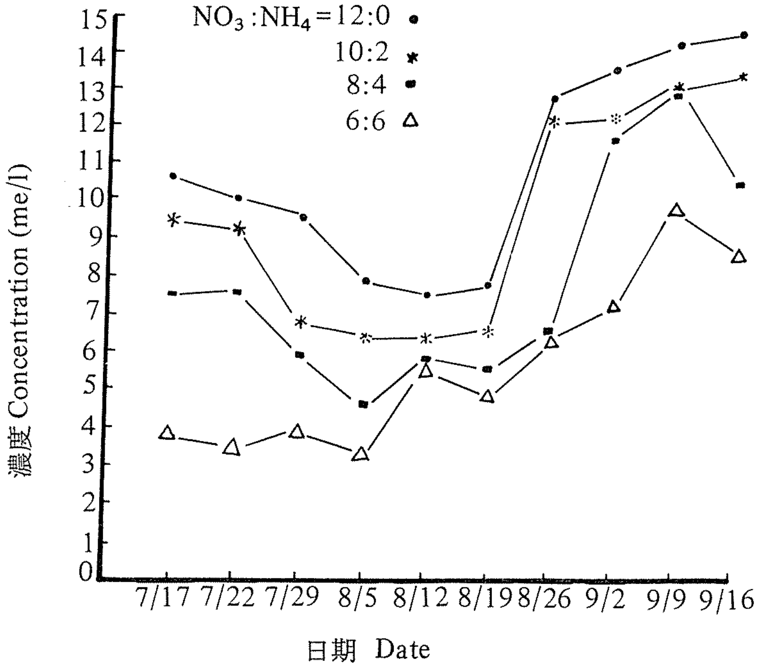


圖 6 培養液中不同NO_3/ NH_4比率對NO_3—N濃度變化的影響
Fig. 6. Effects of NO_3/NH_4 ratios on the NO_3 concentration in the nutrient solution.

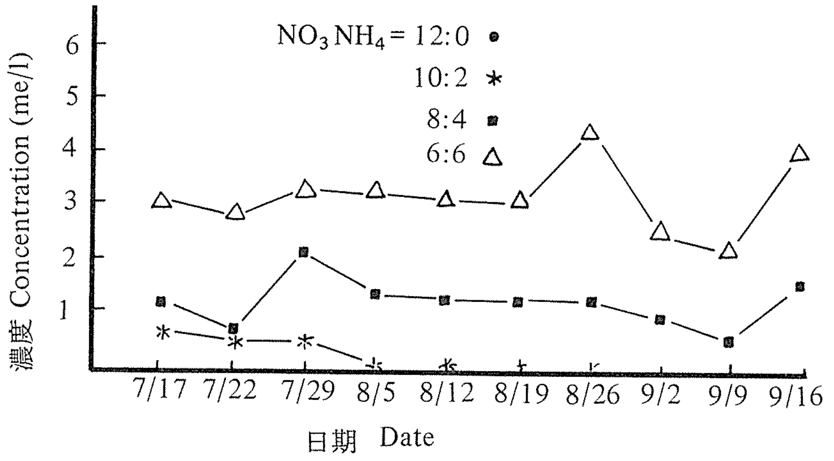


圖 7 培養液中不同NO_3/ NH_4比率對NH_4—N濃度變化的影響

Fig. 7. Effects of NO_3/NH_4 ratios on the NH_4 concentration in the nutrient solution.

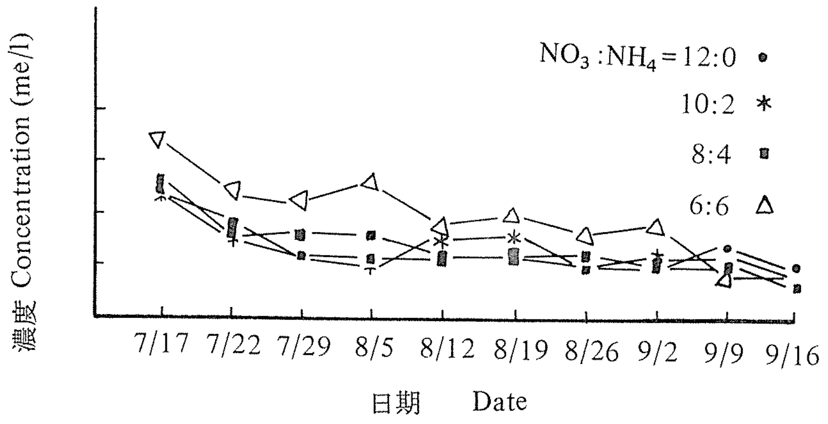


圖 8 培養液中不同NO_3/ NH_4比率對磷濃度變化的影響

Fig. 8. Effects of NO_3/NH_4 ratios on the phosphorus concentration in the nutrient solution.

植物對不同形態氮素的吸收，依作物而有不同。池田（1981）指出洋香瓜對氮素的吸收，無論 pH 之高低對氨態氮均為選擇性或優先性的吸收。本試驗顯示氨態氮高比率下，植體含氮量增加而鈣含量的減少，乃基於銨離子之吸收，影響陽離子之吸收，或增加陰離子吸收之所謂電化學的平衡原理（Electro-chemical equilibrium theory）。以氨態氮為氮源時，使植體內的鈣和鎂含量降低，在蔬菜方面有許多的類似報告。本試驗之洋香瓜也有相同現象。

有關氨態氮對生育上之抑制，包括莖葉異常，根之發育障害等。經 Pill and Lambeth 指出於含有氨態氮培養液中，番茄的葉對養水分的擴散抵抗性（leaf diffusive resistance）增加，同時可能也由於根部的水流動性抵抗增加，使木質部的壓力勢（Xylem pressure potential）減少。Slatyer 指出由於水分吸收的抑制，導致原生質體膜構造的變化，膜失去其應有之機制和功能，可能為造成缺鈣的原因。

表 12 培養液中不同NO_3/ NH_4比率對植體要素含量之影響

Table 12. Effect of different NO_3/NH_4 ratios on element concentrations of muskmelon grown in floating hydroponic system

	$NO_3:NH_4$	N	P	K	Ca	Mg
Leaves	12:0	2.13	0.14	3.53	8.02	0.66
	10:2	2.05	0.15	2.22	8.73	0.59
	8:4	2.61	0.18	2.58	7.88	0.60
	6:6	2.84	0.17	2.89	6.60	0.50
Stem	12:0	1.82	0.17	5.93	2.06	0.59
	10:2	1.79	0.17	6.14	1.65	0.59
	8:4	2.07	0.17	6.23	0.91	0.50
	6:6	2.28	0.15	6.07	1.15	0.45

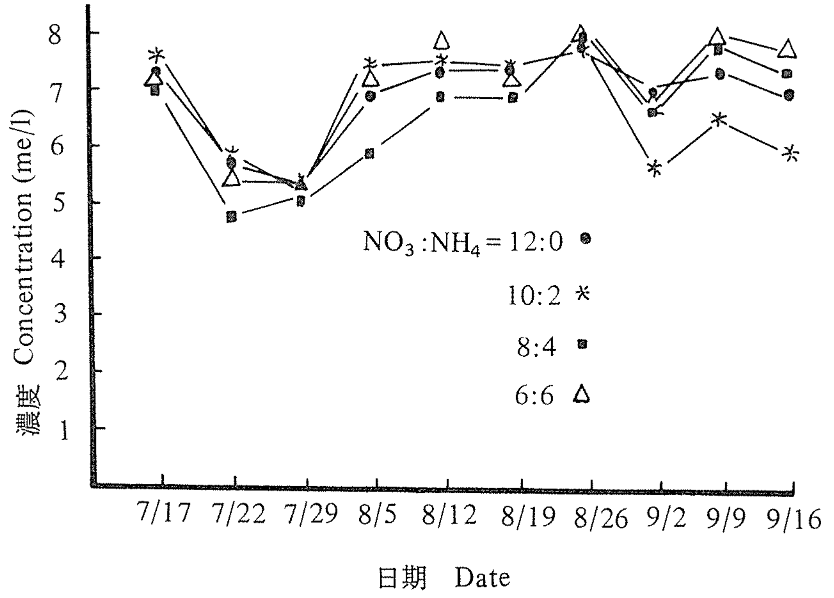


圖 9 培養液中不同NO_3/ NH_4比率對鉀濃度變化的影響

Fig. 9. Effects of NO_3/NH_4 ratios on the potassium concentration in the nutrient solution.

本試驗顯示培養液中硝酸態與氨態氮比率自12：0—6：6之範圍內，洋香瓜開花期中之植株外表，雖未見有所差異，但是葉的乾物重有隨含氨態氮比率增加而有降低的現象。同時植體上也由於培養液中氨態氮比率高，氮的吸收增加，而陽離子之吸收減少，尤其是鈣明顯的降低。因此在氨態氮較高比率情況下，可能造成乾物量的減少或果實糖度的降低。

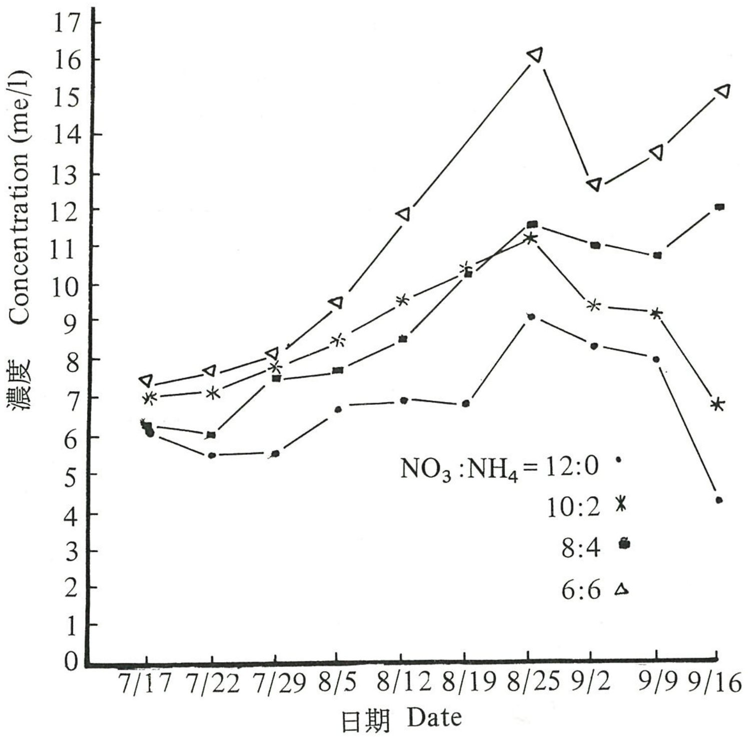


圖 10 培養液中不同NO_3/ NH_4比率對鈣濃度變化的影響

Fig. 10. Effects of NO_3/NH_4 ratios on the calcium concentration in the nutrient solution.

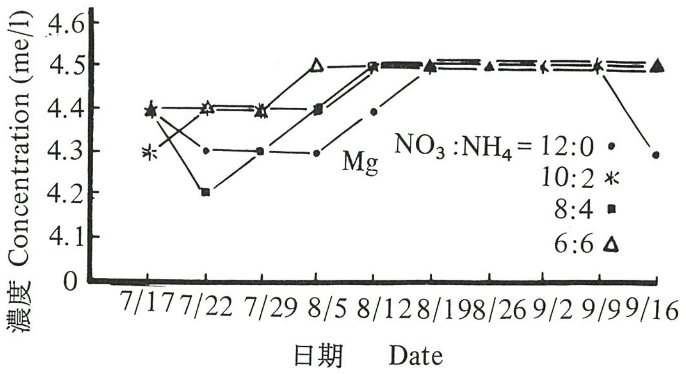


圖 11 培養液中不同NO_3/ NH_4比率對鎂濃度變化的影響

Fig. 11. Effects of NO_3/NH_4 ratios on the magnesium concentration in the nutrient solution.

另一方面，蔬菜對於硝酸態氮之吸收偏多而蓄積於體內時，並不造成體內之機能障害，然而僅以硝酸態氮單獨使用時，作物之葉色較淡，培養液 pH 易上升，且植體內 硝酸態氮含量較高。如果於光線不足條件下，其吸收和同化作用降低。由於植物吸收硝酸態氮之後，仍需還原成氨態氮才能進入同化過程，而此過程就需要能源之消耗。相對的吸收氨態氮，就直接可同化利用。安井、本田（1982）以光照與氮形態對番茄和胡瓜之生育的影響行檢討，於秋冬作較短日照下，除硝酸態氮外，加入適當之氨態氮時，生育較良好，而硝酸態氮與氨態

氮之比率的適宜範圍，番茄為5：1—11.5：0.5，胡瓜為3：1以下。本試驗於氨態氮比率最高範圍內並未見生育上之障礙，但是由於氨態氮之加入培養液中，使生育良好，葉色較濃綠，果實之糖度也增加，就供試的四品種洋香瓜養液中硝酸態氮與氨態氮比率以10：2較為適當。

照片 1 供試之溫室洋香瓜品種Earl′s夏系

Photo 1. Var. "Earl's Summer" used in the experiment.

照片 2 供試之溫室洋香瓜品種B—502

Photo 2. Var. "B-502" used in the experiment.

参考文獻

1. 沈再發、許淼淼 1987 洋香瓜之水耕試驗 設施園藝研討會專集1:95～108
2. 山崎肯哉 1986 養液栽培技術の發展經過と今後の方向. 養液栽培の新技術 農業および園藝別册61(1)：27～34。
3. 安井秀夫、本田藤雄 1982 野菜の生育制御に關する生態學的研究. 日本野菜試報C6：1～9。
4. 增井正夫、福島與七、久保島正威、板垣光彥、林昌德 1961 メロンの養分吸收に關する研究、4.養分吸收過程について 日本園藝學會雜誌 30：29～38。
5. 糠谷明 1987 溫室メロン栽培の實際 農業および園藝 62(1)：175～185。
6. Arnon, D. I. and D. R. Hoagland. 1940. Crop production in artificial culture solution with special reference to factors influencing yields and absorption of inorganic nutrients. Soil Sci. 60: 463–485.
7. Barker, A. V. and D. N. Maynard. 1972. Cation and nitrate accumulation in pea and cucumber plants as influenced by nitrogen nutrition. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100 17–23.
8. De Classen, M.E.J. and G.G.E. Wilcox. 1974. Effect of nitrogen form on growth and composition of tomato and pea tissue. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99: 171–174.
9. Frota, J.N.E. and T. C. Tucker. 1972. Temperature influence on ammonium and nitrate absorption by lettuce. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 36: 97–100.
10. Goyal. S. S., O. A. Lorenz and R. C. Huffaker. 1982. Inhibitory effects of ammoniacal nitrogen on growth of radish plants. I. Characterization of toxic effects of NH_4 on growth and its alleviation by NO_3^-. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107: 126–129.
11. Goyal, S. S., R. C. Huffaker and D. A. Lorenz. 1982. Inhibitory effects of ammoniacal nitrogen on growth of radish plants. II. Investigation on the possible causes of ammonium toxicity to radish plants and its reversal by nitrate. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107: 130–135.
12. Ikeda H. and T. Osawa. 1981. Nitrate and ammoium-N absorption by vegetables from nutrient solution containing ammonium nitrate and the resultant change of solution pH. J. Japan Soc. Hort. Sci. 50: 225–230.
13. Ikeda, H. and T. Osawa. 1982. Effect of potssium and calcium levels and their accompanying anion in nutrient solution on ammonium toxicity in vegetable crops. J. Japan Soc. Hort. Sci. 51: 309–317.
14. Ikeda, H. and T. Osawa. 1983. Effects of ratios of NO_3 to NH_4 and concentrations of each N source in nutrient solution on growth and leaf N constituents of vegetable crops and solution pH. J. Japan Soc. Hort. Sci. 52: 363–380.

15. Ikeda, H. and Osawa. T. 1984. Lettuce growth as influenced by N source and temperature of the nutrient solution. Proceedings 6th international congress on soilless culture 273–284.
16. Iwata, M. and T. Taniuchi. 1953. Influence of forms of nitrogen supplied on the growth of vegetable crops. J. Japan Soc. Hort. Sci. 22: 183–191.
17. Iwata M. 1962. Influence of forms of nitrogen supplied on the growth of vegetable crops. II. Effects of varying concentrations of nitrogen in the different froms on the growth of turnip. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 27: 21–31.
18. Iwata, M. 1962. Influence of the forms of nitrogen supplies on the growth of vegetable crops. IV. Growth as influenced by variable cation and pH in the culture solution. J. Japan Soc. Hort. Sci. 31: 39–52.
19. Kagohashi, S., H. Isano and Kageyama M. 1978. Studies on the nutrition of muskmelon (*Cucumis melo* L.). I. Characteristics of nutrient uptake by muskmelon. J. Japan Soc. Hort. Sci. 47: 203–208.
20. Kagohashi, S., H. Kano and M Kageyama. 1981. Effects of controlling of nutrient uptake on the plant growth and the fruit qualities of muskmelons cultivated in autumn and spring. J. Japan Soc. Hort. Sci. 50: 306–316.
21. Kano, H., S. Kagohashi and M. Kageyama 1981. Relationship between organ growth and nitrogen accumulation in muskmelon. J. Japan Soc. Hort. Sci. 50: 317–325.
22. Kirby, E. A. and Mengel K. 1967. Ionic balance in different tissue of the tomato plant in relation to nitrate, urea, or ammonium nitrogen. Plant physiol. 42: 6–14.
23. Masao, M., A. Nukaya and A. Ishida. 1982. Effect of nitrogen form on growth of muskmelons. J. Japan Soc. Hort. Sci. 50: 457–580.
24. Masui, M., Y. Fukushima, M. Toda and K. Ezaki. 1960. Studies on the absorption of nutrient elements in muskmelon. II. On nitrogen, potassium, calcium and magnesium levels. J. Japan Soc. Hort. Sci. 29: 147–156.
25. Maynard, D. N., A. V. Barker and W. H. Lachman. 1969. Influence of potassium on the utilization of ammonium by tomato plant. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 92: 537–542.
26. Maynard, D. N. and A. V. Barker. 1969. Studies on the tolerance of plants to ammonium nutrition. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94: 235–239.
27. McElhannon, W. S. and H. A. Mills. 1977. The influence of N concentration and NO_3/NH_4 ratio on the growth of lima and snap bean and southern field pea seedlings. Commun. Soil Sci. Plant Analy. 8: 677–687.
28. Namioka, H. 1976. Kuntan as a substrate for soilless culture. IWOSC proceedings fourth international congress on soilless culture. 289–312.
29. Pill, W. G. and V. N. Lambeth. 1977. Effect of NH_4 and NO_3 nutrition with and

without pH adjustment on tomato growth, ion composition, and water relations. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102(1): 78–81.

30. Pill, W. G., V. N. Lambeth and T. M. Hinckley. 1978. Effect of nitrogen form and level on ion concentrations, water stress and blossom end rot incidence in tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103: 265–278.

31. Slatyer, R. O. 1962. Internal water relations of higher plant. Annu. Rev. Plant Physiol. 13: 351–378.

32. Wilcox, G. E., J. E. Hoff and C. M. Jones. 1973. Ammonium reduction of Ca and Mg content of tomato and sweet corn leaf tissue and influence on incidence of blossom-end rot of tomato fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 98: 86–89.

33. Yamasaki, K., Y. Suzuki and Y. Shinohara. 1976. Studies on water culture of several vegetables with special reference to control of nutrient solution and ratio of nutrient absorption per water consumption. Memoris of the Fac. Agri., Tokyo Univ. of Education. 22: 53–100.

討　　論

高德錚(台中區農業改良場)問:

根據您的資料顯示養液配方中施用過多的氨態氮會造成葉片中化學組成分變化,請問是否因為過多的氨態氮造成洋香瓜根部褐化及降低根部活性呢?

沈再發(鳳山熱帶園藝試驗分所)答:

氨態氮吸收有優先性,洋香瓜對太高濃度時,往往造成毒害根部產生褐化。氨態氮之影響依作物種類而不同,如菠菜對氨態氮敏感,會影響養液 pH 值進而影響其他元素吸收,洋香瓜、萵苣較耐氨態氮,其影響較小。

林學正(台南區農業改良場):問

以水耕栽培洋香瓜,栽培成本如何?水耕栽培環境之變化對洋香瓜之生育影響如何?

沈再發(鳳山熱帶園藝試驗分所)答:

1.一分地設施至少50—60萬,其中栽培床約20—30萬,一噸培養液50元,依24000株計算每株約100元。

2.水份的控制上水耕較土耕難,水耕根部始終浸在養液中,因此必須選擇適合水耕之洋香瓜品種。

STUDIES ON THE NUTRIENT UPTAKE OF MUSKMELON (*Cucumis melo L.*)*

Tzay-Fa Sheen and Miao-Miao Hsu

Director and Assistant

Fengshan Tropical Horficulfural Experiment Station, TARI.

ABSTRACT

Experiment were conducted to investigate the quantity of water consumption, concentration change of absorbed nutrient and the effect of different ratio of NO_3/NH_4 in nutrient solution on the growth of greenhouse muskmelon using floating hydroponics. Based on the quantity of water removal, the development of greenhouse muskmelon can be divided into four stages, namely, vegetative growth stage, pollinated young fruit stage, fruit enlargement stage and fruit ripening stage. Quantity of water removal was the highest in the fruit enlargement stage. The pollinated young fruit stage and the fruit ripening stage were in the second place and the vegetative growth stage was the lowest.

The concentrations of NO_3-N、P、K、Ca and Mg absorbed by plants were 13.98、4、5.33、7.26、3.98 me/l and 15.09、4、7.35、6.59、4.26 me/l respectively for both spring and summer crops. The highest rate of nutrient uptake was recorded in the pollinated young fruit stage and the lowest in the vegetative growth stage.

The different ratios of NO_3/NH_4 in nutrient solution showed that the calcium content in the plant tissues decreased as NH_4 to NO_3 ratio in solution increase. Optimum ratio of the NO_3/NH_4 in nutrient solution for the growth muskmelon was 10 : 2.

*Part of study was financially supported by National Science Council for the senior author

熱帶實用化水耕栽培技術之探討
～動態浮根式水耕系統之改良～

高德錚　張盛添　洪財生　梁純玲*
台中區農業改良場

摘　要

為了落實水耕栽培技術，台中區農業改良場自從民國75年底完成動態浮根式水耕系統後，針對本省特殊的氣候，乃經 2 年來努力進一步開發一套組合式矮架網溫室及以保利龍為資材研製一種凹凸浪板式栽培床。此種矮架網溫室之優點為農家在購得相關組件後可自行搭建之；而凹凸浪板式栽培床之優點為養液之灌排流程僅20公尺，可不懼高氣溫之困擾，栽培床亦可無限制加長。最重要地，水耕植物係移栽於凹凸浪板之凸起處，在根系之生長過程中，其下方新生根會沿兩邊凹槽向下伸長，狀似倒 V 字型；因之隨著凹槽水位之調整，其上方根系將佈滿雪白之氣根，從此不再懼盛夏高水溫導致溶氧量低下及水耕植物生育不良之困擾；茲將改良後之動態浮根式水耕栽培技術組件規格及設計要項分述如下：

㈠動態浮根式水耕系統之栽培床，經改良為凹凸浪板式栽培床後，與原先之雙凹平底式栽培床（對照）相比，其優點有八項：
(1)較易維持養液溫度；(2)溶氧量高；(3)根系較發達；(4)缺株率較低；(5)不懼高水溫；(6)具豐產性；(7)養液消耗量較少；(8)耗電量較省。

㈡組合式矮架水耕專用網溫室之基本規格為長度7.2公尺，寬度2.13公尺，中間最高作業點180公分，及栽培床架高60公分之矮隧道型網溫室，此種網溫室之骨架體由¾″ φ及½″ φ之鍍鋅鐵管，再配合新開發之三種套管接頭及水平調整螺而組合之；其四周則以24網目之白色尼龍網罩之而屋頂及四周則以0.15㎜之透明塑膠布覆之。盛夏之際塑膠布上方另以40% PE 黑色網遮蔭之。以一般高架隧道式網溫室為對照，矮架網溫室之特性有七項：
(1)造價便宜且可自行構築；(2)抗颱風性佳；(3)通風性佳；(4)設施內無二氧化碳低落之現像；(5)室內外溫差較小；(6)室內外相對濕度差較小；(7)植物受光度較佳。

綜合上述之結果台中區農業改良場開發之改良型動態浮根式水耕栽培已具推廣性，在各項零組件商品化後，將有助於水耕栽培技術之早日落實於農村。

本文針對如何構築一套熱帶型水耕栽培系統詳述如下：

* 台中區農業改良場副研究員、助理、技工、技工。

一、前　言

盛夏之際室溫高達30～45℃，相對濕度卻低至40～50%及小菜娥、白粉病等病蟲害頻繁之困擾，再加上颱風之豪雨侵襲，諸多因子均係導致本省發展設施園藝技術之困難。日本米嘉德公司為想擴展其水耕業務至熱帶地區，因之，在新加坡先行設置0.1ha之水耕農場，經測試結果發現，預冷至17℃之養液一旦流經25公尺長之栽培床後，回流時水溫已昇至28℃，而若養液不加預冷處理，則回流之養液溫度高達32°—34℃間。1989年在日本濱松召開之國際高科技設施園藝研討會中，日本松下公司發表一套造價新台幣60萬元面積84㎡之熱帶型水耕模擬農場，設施與一般溫帶水耕系統相異之處，乃在於利用電氣冷卻系統來降低養液溫度及利用空氣壓縮機強制地將空氣灌入養液中，藉以解決熱帶地區因氣溫高，而造成養液溫度隨之增高及溶氧量下降之困擾。誠然，松下公司熱帶型水耕系統之成功暗示著未來熱帶地區水耕栽培系統之動向；惟，該公司初步估算每1000㎡之設備費用卻高達新台幣450～500萬元，而且尚不包括溫室設施；甚至每日耗電量亦高達36～48度。換言之，利用電氣設備來克服熱帶地區發展水耕瓶頸的手段是行不通的。

熱帶地區因經年氣候炎熱，高水溫及低溶氧量是造成此地區經營水耕不具經濟性之兩大限制因子[1,2,4,5]。英國之古柏博士發現 NFT 水耕系統優於岩綿栽培法之主因，係因 NFT 系統允許植物形成裸根（naked root）[7,8,9,10]。日本之山崎博士所開發浮根系統的優點亦在於可誘引植物形成濕中根（wet atmosphere rhizophere）[1,3]，使水耕植物之根系能直接利用濕空氣中之氧氣供為呼吸源。作者等在民國75年底提出之動態浮根式水耕系統之基本原理，亦在於利用空氣混入器及排液器之作用允許水耕植物在養液灌排過程中有 4 公分左右之上位根部曝露於濕空氣中而形成氣根系（Aero root），因之可不懼高水溫所引起之缺氧問題[6]。

台中區農業改良場自民國75年底開發完成動態浮根式水耕系統後，經 2 年來三十多位先進農民及總栽作面積達3.0公頃之試作成果顯示，誠然，動態浮根式系統已解決了熱帶地區無法經濟性栽種水耕植物之困境，唯技術上仍有諸多之困擾。首先，農友採用之網溫室不外乎為高架隧道式塑膠布網溫室或力霸鋼架式 FRP 浪板溫室兩種，由於內部空間太大，農友無法一次全部採收。因之，每日必需進入溫室內進行採收及移植作業，如此態勢下在不施用農藥之原則下，卻又無法避免病蟲之爲害，甚至盛夏之際爲了避免網溫室通風不良引起之高溫，許多附加之噴霧裝置、強制通風設備及遮陰裝置等設施一一出籠，而增加了營運成本。再者，每年 7～11 月間颱風之侵襲，網溫室抗颱之能力亦是令人頭痛之問題。在栽培設施之缺失為(1)需定時調整每一單位栽培床內養液之水位，(2)移植後有缺株之虞及(3)栽培長度超過15公尺時溶氧量低下。因之針對上述之缺失，作者等以為一套適合本省氣候條件之實用化經濟型水耕栽培技術的設計準則，必需同時考慮到網溫室設施及栽培設施之均衡性，始有推廣落實於農村之可能性。換言之在網溫室設施方面需具備之要件為：(1)抗颱風性，(2)通風性，(3)冬暖夏涼性，(4)防蟲性，(5)一次採收性，(6)多層次立體化栽作性。而在栽培設施方面需具備之要件為：(1)栽培床具隔熱保溫性，(2)具誘引氣根性，(3)養液之溶氧量高，(4)具省能源養液循環再使用系統，(5)在水溫高達33～35℃下仍能正常生長及(6)採用移植栽培法。本文，因此針對如何構築一套熱帶型之水耕栽培系統。詳述如下

二、栽培設施之改善

在民國75年本場最早開發之動態浮根式水耕栽培系統中，其組成個體計有保利龍製栽培床、

空氣混入器及排液器等三種，針對上述之缺失乃進行下列之改善：

㈠排液器

在民國75年本場開發之動態浮根式水耕系統所用之養液自動昇降器，係安裝於單位栽培床之後方（圖 1 ），而栽培床內水位高低之調整乃依內環螺旋式之昇降（圖 2 左）。此型之缺點為：⑴內環之昇降螺旋鬆緊不一，無法正確地控制水位，且有漏水之虞。⑵由於安裝於栽培床尾，進行水位調整時，需掀開栽培板，導致床尾部份之植物生育受損。因之，經改良過之排液器構造，如（圖 2 右）所示，為 ABS 塑膠射出成型的圓筒裝置，其中由外環及內環所組成。圓筒之外環直徑為10.5公分，固定高度為 8 公分，在圓筒下方左右有一對稱且直徑為 2 公分之排水口。內環亦為 ABS 材質之塑膠套環，其直徑為7.5公分。又內環係由四個厚度不一的套環所組成其厚度細分成 3 公分一個， 2 公分 2 個及 1 公分 1 個等三種。進行水位調整時，依實際需要將各套環組成而精確控制水位成 0～8 公分。

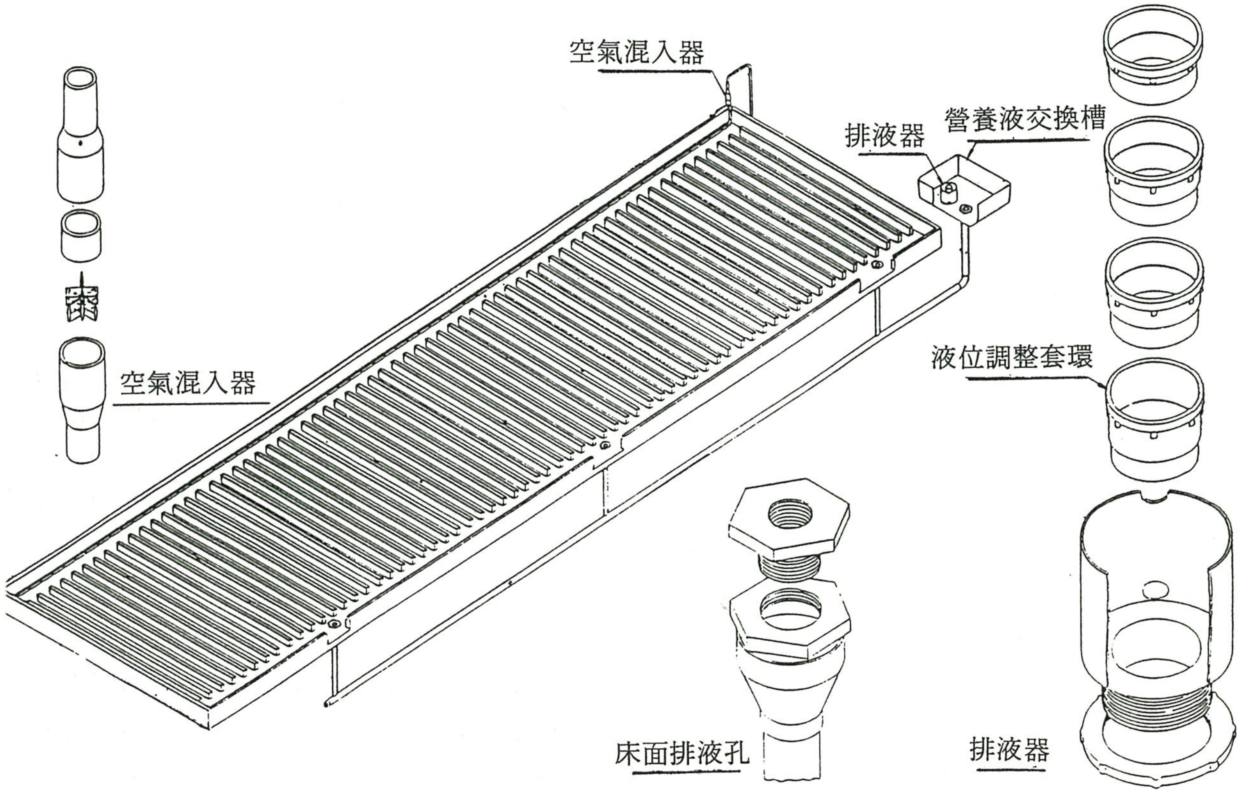


圖 1　動態浮根式水耕系統之新型栽培床及養液灌排系統組件之配備示意

Fig. 1. The irrigation system in the DRF hydroponics.

在新型之排液器之內環係採用內套筒方式，因之無漏水之慮。再者，排液器不再安裝於栽培床上，而改置於養液交換槽中（圖 1 ）。而交換槽係安裝於栽培床外，其高度水平於栽培床。換言之，栽培床中之養液由U型管之導引而進入交換槽中，再經由排液器之內環才流回地下之養液槽。

圖 2　動態浮根式水耕系統之舊型（左）及新型排液器（右）構造

Fig. 2. The water level adjusters used in DRF hydroponics. Old model (left), new model (right).

㈡空氣混入器

在民國75年本場開發之動態浮根式水耕系統中所用之空氣混入器，係利用坊間水電材料行現成之 PVC 即材質¾″ ×½″ 口徑轉接頭相互接合而成。在接合處內管中加裝一組雙十字重疊之 ABS 塑膠閘門，且在½″ φ 接頭頸部斜鑽0.1公分對稱之兩個小孔，當初測定的結果此種空氣混入器流速每分鐘為4.0～6.0公升時，在30℃時其溶氧量可維持在5.4～6.2ppm間。唯此空氣混入器仍有下列之缺點：⑴當養液流量超過10ℓ時，過多之養液會由上方之兩孔射出；⑵最大溶氧量之增加效率僅30%，且無法達到當時溫度之飽和溶氧量。因之，在新型之空氣混入器之改良上，係採用 PVC 成型之組件，其內視構造如圖 3 。與早期空氣混入器之不同點在於空氣混入器內之雙十字重疊塑膠閘門，由原先0.2cm厚 ABS 平板塑膠閘門，改變成由 ABS 材質成型之螺旋槳片狀之十字型閘門，螺旋槳片又細分成2.0及2.3公分二種，在上方先接觸到

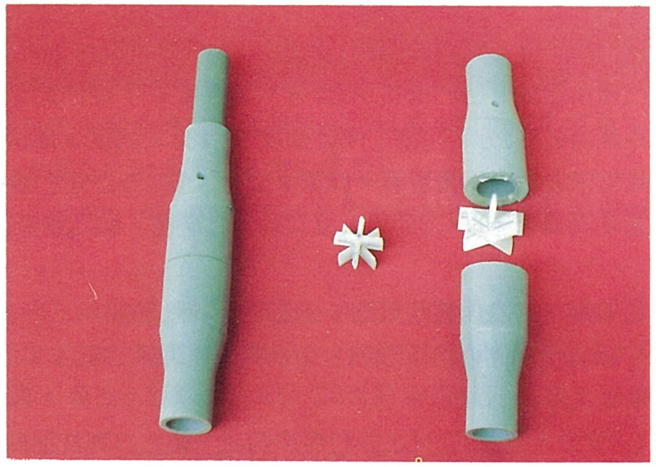


圖 3　動態浮根式水耕系統之新型空氣混入器

Fig. 3. The aspirator used in DRF hydroponics.

養液之螺旋槳片，閘門為2.0公分，其下為2.3公分。至於空氣混入器之構成體則採用如太空艙式的兩個 PVC 材質之圓錐管，上方管內徑為½″：下方管為¾″，此圓錐管全長8.0公分，由¾″ φ 處算起3.5公分處斜屈延長為½″ φ。兩個圓錐管由¾″ φ 處互相接合，在接合前下方之圓錐管內先置入螺旋槳片閘門，片長2.0公分在上，2.3公分在下。接著，利用長3.0公分口徑為¾″ 之 PVC 管及 PVC 硬質膠水將之膠合。最後由接合處算起4.5公分處，以電鑽斜鑽二個對稱直徑為0.3公分之吸氣口，根據試驗成果顯示（如圖４），新型之空氣混入器可耐每分30公升抽水馬達之水壓，且當流速達7.5～8.0公升／分時，即達當時溫度之飽和溶氧量。換言之，以 1HP 之抽水馬達，在不考慮揚水高度之消耗下，當可同時供給20支左右之空氣混入器。

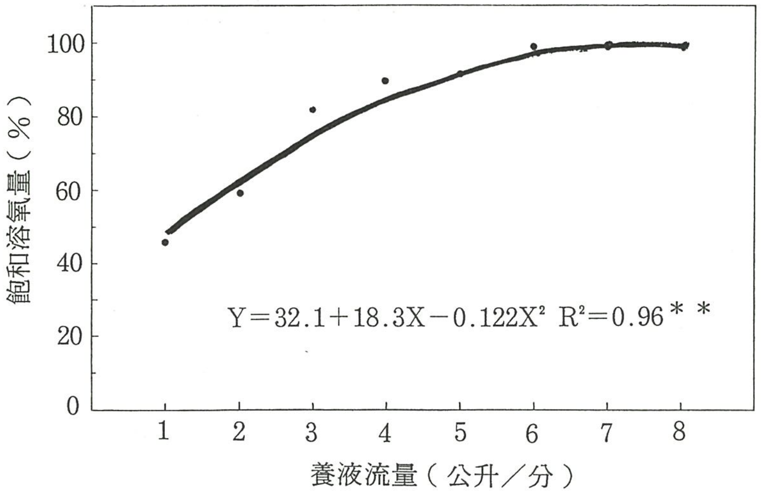


圖 4 養液強制通過空氣混入器之流量與其溶氧量變化之迴歸

Fig. 4. The regression equation of the nutrient flow rate vs DO variation.

㈢栽培床

經改良之栽培床的資材亦為保利龍製重1.8公斤（如圖５左），其規格長90.1公分寬201公分，內部由八條凹凸槽所組成，凹凸槽長189公分，其寬度在下緣凸起處寬3.0公分上部為2.1公分，兩凸槽間之距離為8.3公分，凹槽之深度係以 1：189 之斜度，即由右邊之５公分深斜至左邊之６公分。在栽培床之右邊另預留著一條深３公分，寬4.5公分之溝槽，供為安置養液噴射管用。並且在栽培床左邊有一深6.2公分、寬13公分之溝槽，此乃養液回流之通道。

㈣定植板

經改良之定植板的資材亦為保利龍製重0.48公斤（如圖５右中，下），其規格長90.1公分，寬88公分，厚度4.0公分。定植板內分佈 8×10＝80個等距的定植穴，「每一栽培床配備定植板2片，又每一定植板上方之穴口直徑爲2.8公分，下方爲2.0公分。再者，在定植板下方每一穴口四周另由厚1.0公分，寬3.0公分之保利龍條圍住，使穴口與液面間有一8.3×5.8×1.0＝48.1立方公分之空間。根據試驗結果顯示，新型之定植板可誘引較多之氣根（圖６），使青梗白菜等在25° ～35℃液溫下其根部活性遠大於生長於舊型板者（詳如表８）。

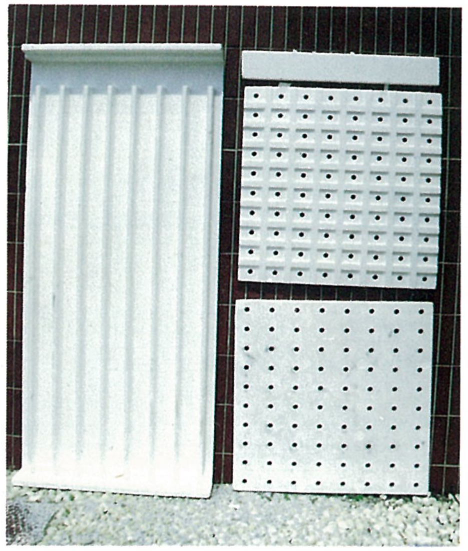


圖 5 動態浮根式水耕系統之新型栽培床（左），定植板反面（右中）定植板正面（右下）及排液溝板（右上）

Fig. 5. The culture system used in DRF hydroponics. Culture bed (left), panel (right).

圖 6 動態浮根式水耕系統之新型栽培床可誘使水耕植物形成倒V字型根系，而且上方露空之根系有較多雪白氣根系。

Fig. 6. The V shape aero-root system found in the DRF hydroponics.

㈤排液溝板

經改良之栽培床的左邊構槽上有一片厚度４公分，寬16公分，長90公分之排液溝板（圖５右上），此溝板之作用主要在於保持養液循環之通暢及避免因陽光直射于養液而著生青苔，並堵塞回流管。

三、栽培網溫室之改善

盛夏之際網溫室內之高溫、病蟲害之嚴重爲害及颱風豪雨之侵襲是最近這幾年來水耕試作農戶

之最大困擾，例如民國75年8月22日，韋恩颱將台糖溪湖糖廠的水耕農場夷為平地。又，大溫室內栽培面積至少在300～800㎡間，由於採用計畫生產，農友幾乎每日需進入溫室進行採收及移植作業，由於進出頻繁，又加上不噴施農藥，如此導致病蟲害之滋生。為了改善諸此弊端，因之，在水耕網溫室之設計上作了下列之改善：

㈠水耕專用網溫室結構：

針對本省海島型亞熱帶地區之氣候，及水耕栽培的特性，乃設計了如圖7及8之水耕專用網溫室。此種網溫室之主要結構體為½″ ϕ 及¾″ ϕ 之鍍鋅鐵管。配合本場自行開發之T型、十字型、L型接頭及水平調整紐（圖9）和坊間現成之½″ ϕ × ½″ ϕ 及½″ ϕ × ¾″ ϕ

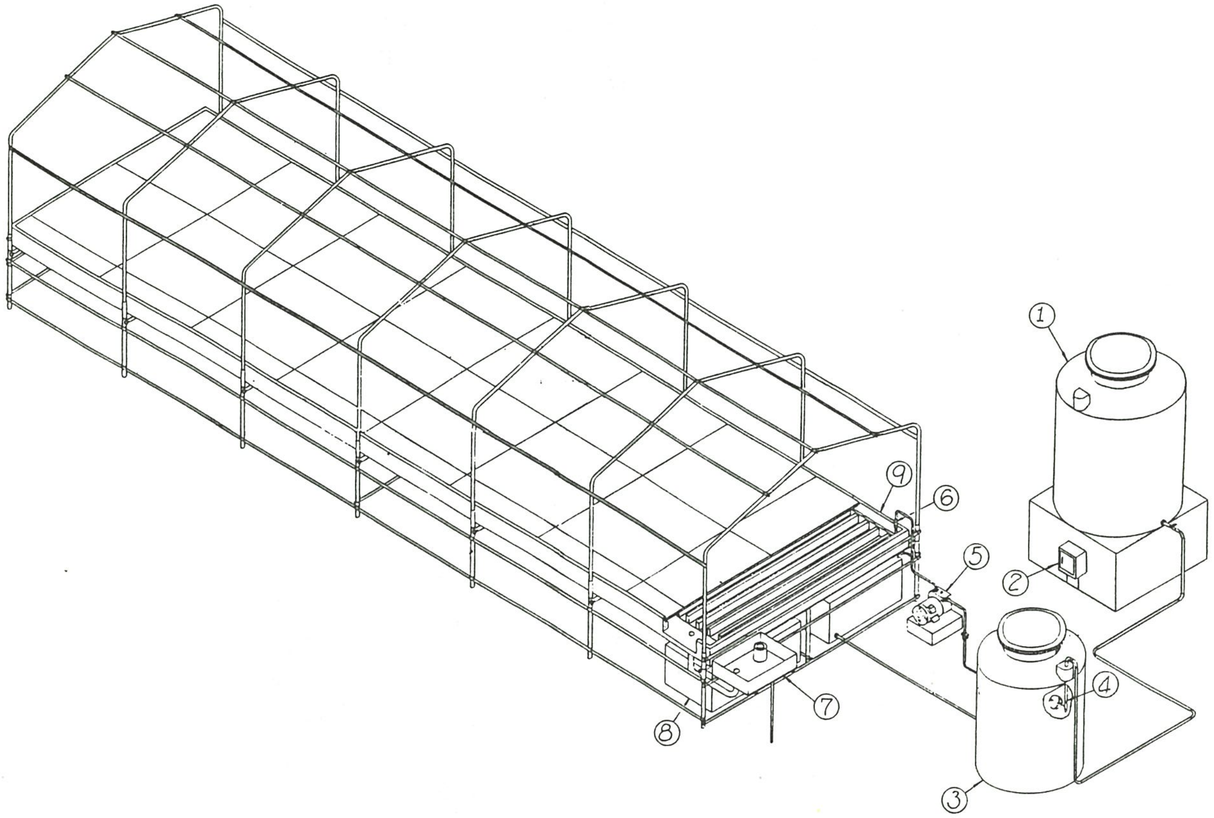


圖7　動態浮根式水耕專用之矮架溫室之配備示意

Fig. 7. The components of the DRF hydroponics:

①養液自動控制用上槽	① upper nutrient tank for automatic adjustment
②養液噴灌用電源自動開關	② electric power and irrigation control box
③養液自動控制用下槽	③ lower nutrient tank for automatic adjustment
④浮球式水位控制器	④ ball type water level adjuster
⑤抽水幫浦	⑤ pump
⑥空氣混入器	⑥ aspirator
⑦營養液交換槽	⑦ nutrient level control box
⑧養液儲藏槽	⑧ nutrient tank
⑨栽培床，	⑨ culture bed

圖8　動態浮根式水耕系統之栽培實況

Fig. 8. A standard culture system of the DRF hydroponics.

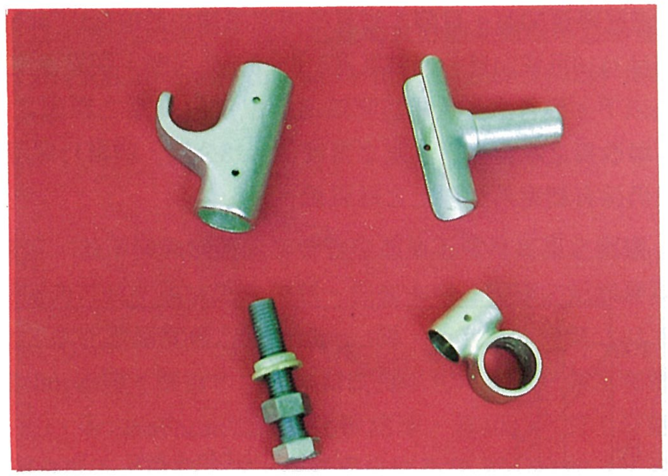


圖9　動態浮根式水耕系統專用矮架組合式水耕專用溫室之四種接合用套件，T型接管（右上），L型接管（左上），十字型接管（右下）及水平調整紐（左下）

Fig. 9. The novel design of the tubular pipe joints used in DRF hydroponics. T-joint (right, up), L-joint (left, up), t-joint (right, down), water level adjuster joint (left, down).

之鋼管夾：塑膠布固定夾及壓條固定器，而成功地組合成一座水耕專用網溫室。網溫室上方以0.2㎜之PVC或PE透明塑膠布罩之，以利於防雨栽培；四周則以24網目之白色尼龍網圍之，以為隔絕蟲害。本網溫室之特點乃採組合式，鐵管間之接合點係利用十字型、L型及T型接頭及螺絲，農民即可利用搭建之。本網溫室側高149公分，中央作業點高180公分，栽培架高60公分，為一角錐屋頂之結構體。此網溫室之栽培架係以每1.2公尺處有一支長度為2.13公尺¾″ ϕ 鍍鋅鐵管供為邊柱，並以¾″ ϕ 之鍍鋅鐵管及L型接頭做為水平橫向接管，而且在

橫向支桿中間另以 T 型接頭及¾″ φ 鍍鋅鐵管為中央承管，將橫向接管撐起。至於置於橫向接管上方之 5 支縱向接管口徑為½″ φ 的鍍鋅鐵管。直向管與橫向管間之接合係利用½″ × ¾″ 之鋼管夾固定之，至於屋頂部份，則以 M 字型之½″ φ 鍍鋅鐵管直接插入¾″ φ 之支柱中，而十字型接頭之作用係在網溫室側方¾″ φ與½″ φ 鍍鋅鐵管間之接合。又屋頂上方之透明塑膠布及四周尼龍網之固定，乃採用煥坤企業有限公司開發之壓條固定器及塑膠布（網）固定夾。在盛夏之際，為了減少日照量，及減少設施內之熱堆積，因之在網溫室上方加覆40～50%之黑色PE遮陰網。

㈡通風性：

目前坊間網溫室四周常用之尼龍網，大致為24目及16目兩種，前者為白色，後者為白色或綠色，其透風性多寡與網溫室之室溫高低有絕對之正相關性，由圖 10 及 11 之試驗成果可知，不論是24目或16目尼龍網，當風速在1.0m／sec或0.5m／sec之時，尼龍網具有阻風效應，使風速隨之下降，以16目尼龍網為例，當風速1.0／sec吹至網後1.35公尺左右時，通風量僅餘50%，即0.5m／sec；而風速0.5m／sec者，在網後1.23公尺時，通風量已降至0.25m／sec。至於24目尼龍網之阻風效應乃大於16目尼龍網，不論0.5m／sec或1.0m／sec，大致在網後1.33～1.35公尺處，風速已降至50%。目前本省夏季南風風速小於0.5m／sec而言，一般高架隧道網溫室四周尼龍網目為16目或24目，網溫室寬5.6～6.8公尺間，則網溫室中央之通風量必在於0.15～0.10m／sec以下。換言之，造成坊間隧道型溫室內高溫之原因之一，乃在於通風不良所致。因之，在本場改良之水耕專用溫室之寬度僅2.13公尺，四周乃採用24目之尼龍網，使盛夏之際，網室中央仍保有網室外½以上之通風量。

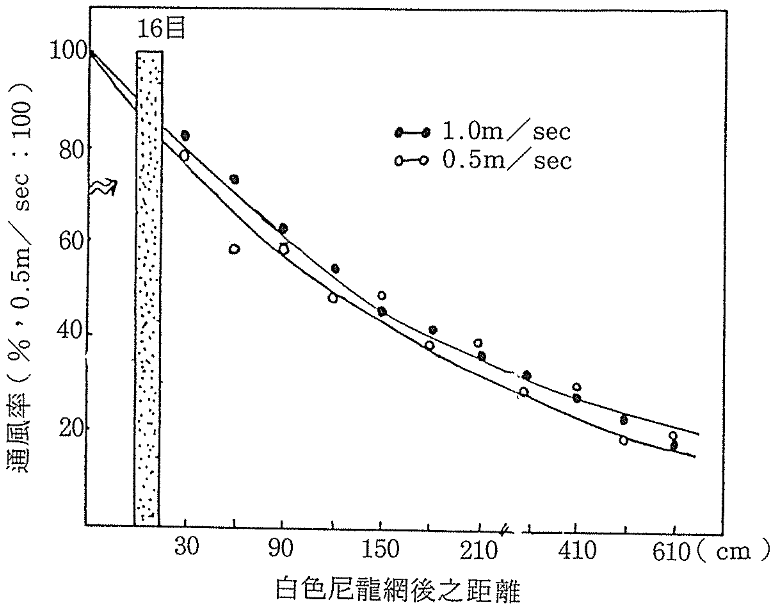


圖 10 不同風速吹經16目尼龍網後對網後通風率之影響

Fig. 10. Wind speed variation inside nethouse in the distances behind the 16 meshes of the white plastic net.

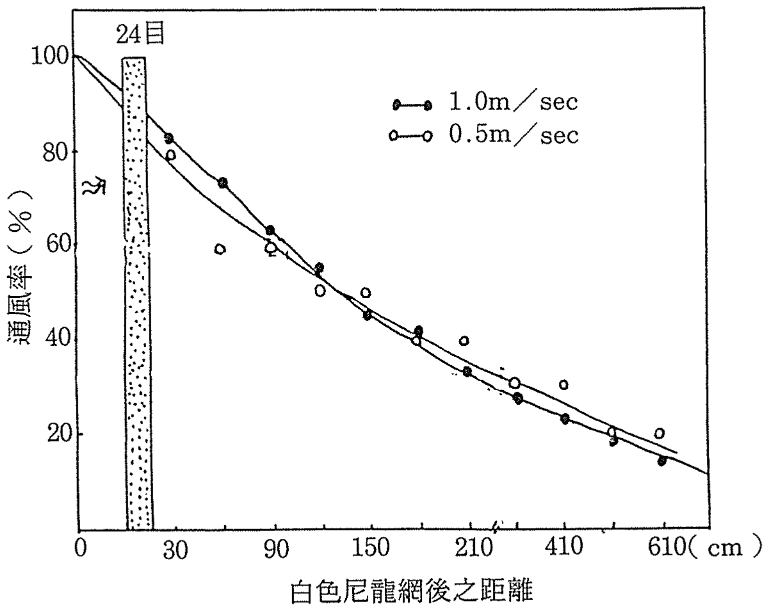


圖 11 不同風速吹經24目尼龍網後對網後通風率之影響

Fig. 11. Wind speed variation inside nethouse in the distance hehind the 24 meshes of the white plastic net.

㈢二氧化碳含量：

高架隧道式網溫室，若不採強制通風則會發生通風不良及高溫之困擾，甚至在上午10時至下午14時間亦發生網室內二氧化碳缺乏之問題。根據本場二年來之記錄發現（表 1 ），高架隧道式網溫室在白天之二氧化碳濃度僅270～310ppm間，僅為室外大氣之81.8%～88.6%間，而矮架溫室則在325～345ppm間。根據台中區農業改良場利用人工氣候室在密閉環境下施放二氧化碳之處理顯示（表 2 ），若以350ppm之二氧化碳處理，當100%（57.0公克／株）則在280ppm及700ppm之二氧化碳處理下，白菜之地上部鮮重分別為72.5%及186.1%。此原因乃增施二氧化碳至700ppm則地上部之光合作用能力由對照350ppm處理之100%（毫克CO_2／分，株），增至142.2%，且根部活性由對照84.9毫克CO_2／分、株增加了33.7%，而在280ppm之處理中地上部光合作用能力及根部活性則比對照分別減少了25.9%及24.7%。換言之，通風不良致使網溫室內外空氣無法互相流通，而發生的二氧化碳低落的現象，亦為夏季設施內作物產量不高的原因之一。在台中區農改場改良之矮架溫室中，因通風性較佳，將不致發生設施內二氧化碳低落

表 1 網室結構別對其設施內CO_2濃度之影響

Table 1. The CO_2 concentration variation in different framework of the nethouse.

網 室 別	設施內CO_2濃度（ppm）
高 架	270～310
矮 架	325～345
大 氣（對照）	330～350

表 2 二氧化碳濃度對白菜生育之影響

Table 2. Effects of the CO_2 concentration on the growth of Pai-Tsai.

CO_2處理 (ppm)	地上部鮮重 (公克/株)	光合成能力 (毫克CO_2/分，株)	根部活性 (毫克CO_2/分，株)
280	37.5	172.4	63.9
350	51.7	241.2	84.9
700	96.2	342.9	113.5

之現象，甚至若在單邊加上一座14″～18″之工業用通風扇，進行強制抽風或送風，將更能徹底解決通風性之問題。

㈣設施內微氣象：

熱帶地區終年氣候炎熱，周年高低溫在38～25℃間，若沿用溫帶地區適用之玻璃溫室，將會因溫室效應（Greenhouse effect）致使溫室內氣溫提昇至40～50℃間而無法種植。再者，以現行本省夏季設施栽培時常利用黑色遮蔭網外罩於溫室上方或溫室內平張於作物上方，藉以降低入射日照量而為降低室溫之手段。事實上，如表 3 所示，若以 3 座規格為長30公尺，寬 8 公尺，側肩高3.0公尺及中間作業點高4.5公尺之玻璃溫室為測試標的，而分別以80%之PE遮蔭網外罩於玻璃上，或平張於溫室內作物上方3.0公尺或不遮蔭為處理。經測試其入射日照量、氣溫及相對濕度後，發現不論內遮蔭或外遮蔭之處理，主要在降低入射量，即當大氣之日照量為154.0klux時，不遮蔭之對照溫室為126.0klux，內遮蔭者為34.8klux而外遮蔭者最少為11.3klux；而在氣溫方面，則以不遮蔭之溫室，室溫最高為42.7℃，其次為內遮蔭之39.6℃，外遮蔭之38.1℃及大氣之36.5℃；至於相對濕度之表現則以大氣之58.8%最高，其次為外遮蔭之51.5%，內遮蔭之48.6%及不遮蔭之46.7%。換言之，遮蔭之作用僅在於降低入射量，若溫室之通風性差則室溫仍會高於大氣 3～6℃而造成室內之相對濕度比大氣少10～12%。因之，單就遮蔭而言，其降低溫室內室溫之效果不彰。就表 3 之例而言，以80%PE網遮蔭處理後室溫仍高於大氣1.6～3.1℃，而入射日照量卻低至11.3klux及34.8klux，如此會導致植物因高溫及日照量不足而無法正常生長。

在熱帶地區構築溫室之必要條件首重於通風性，即採用網溫室，且避免連棟構築；並在盛夏之際加上40%之外覆PE遮蔭網，其通風效率最佳。以表 4 之結果為例，若採用長16公尺，

表 3 張覆PE遮蔭網對玻璃溫室內氣象因子之影響

Table 3. The microclimatic factors changes in the glasshouse by the black PE net shading treatments.

玻璃溫室條件	日照量 (Klux)	室溫 (℃)	相對濕度 (%)
內遮蔭80%	34.8	39.6	48.6
外遮蔭80%	11.3	38.1	51.5
不遮蔭對照	126.0	42.7	46.7
溫室外對照	154.0	36.5	58.8

寬6.6公尺，側肩高2.5公尺及中間作業點高3.6公尺之網室為測試標的，此網室上方覆以0.2mm PVC透明塑膠布，其上再罩以40%黑色PE遮蔭網，而網室四周以24目之白色尼龍網圍之。經測試結果則以外遮蔭40%之處理，除日照度23.6klux低於大氣之120.0klux外，室溫35.1℃比大氣之36.5℃為低。而相對濕度為59.5%略高於大氣之58.7%。至於內遮蔭處理與不遮蔭兩者之室溫與相對溫度相似，僅入射日照量71.4klux較不遮蔭之89.6klux為低。換言之，網溫室之結構由於四周以24目尼龍網圍之，故其通風性較玻璃溫室為佳。因之，屋頂上適量之遮蔭可使室溫近似於大氣溫度。唯網溫室一旦連棟構築後，則原來之通風特性已消失，取而代之的為覓日之悶熱，如表 5 所示，一旦網室連棟後網室內室溫昇高至43.3℃，不論內外遮蔭處理，室溫亦高達40.2～40.3℃，但大氣溫度僅36.1℃，如此導致網室內相對濕度降至43.1～46.3%。換言之，網溫室一旦連棟後因通風不良造成陽光幅射無法散發，而使室溫上昇及相對濕度下降。所以，適合熱帶氣候之栽培溫室，應該以四周具通風性之單棟網溫室為宜，且最忌連棟構築。

表 4 張覆PE遮蔭網對網溫室內氣象因子之影響

Table 4. The microclimatic factors changes in the nethouse by the black PE net shading treatments.

網室條件	日照量 (Klux)	室溫 (℃)	相對濕度 (%)
內遮蔭40%	71.4	37.4	50.1
外遮蔭40%	23.6	35.1	59.5
不遮蔭（對照）	89.6	37.2	48.6
網室外（對照）	120.0	36.5	58.7

註：測試時間為民國77年6月15日中午12點

表 5 張覆PE遮蔭網對六連棟網溫室內氣象因子之影響

Table 5. The microclimatic factors changes in the 6 connected nethouse by the black PE net shading treatments.

網室條件	日照量 (Klux)	室溫 (℃)	相對濕度 (%)
內遮蔭40%	79.2	40.3	46.3
外遮蔭40%	24.9	40.2	45.6
不遮蔭（對照）	89.6	42.3	43.1
網室外（對照）	124.1	36.1	59.4

註：測試時間爲民國 77 年 6 月 1 日中午 12 時

在台中農改場所開發之矮架組合式網溫室，與高架隧道式網溫室相比，如表 6 所示，其特性有三：⑴室內外溫差較小：不遮蔭時，矮架溫室內室溫比大氣溫多＋0.5～＋1.3℃，而對照則高至＋1.5～＋10.7℃。盛夏之際以40%黑色PE塑膠網行外遮蔭處理後，矮架溫室之室溫則比大氣多－1.0～＋2.0℃，而對照則高＋3.0～5.0℃。⑵室內外相對濕度差較小；與大氣RH

之相比，矮架溫室之RH差為－7.3%～＋5.6%，對照為－1.3%～＋3.4%。遮蔭後，矮架溫室之RH差為－1.3%～＋3.4%，而對照乃差至－7.4%～＋7.3%，因之，矮架溫室內較無結露之現象。(3)植物受光度較佳：未遮蔭前矮架溫室與對照間之入射照明度大略相似，為室外之65～90%，但遮蔭後，矮架溫室內植物之受光度為室外之35～40%，而對照則降至27～34%。換言之，矮架溫室內植物之受光度在24klux～45klux。

表 6 網室結構別對其微氣候之影響

Table 6. The microclimatic factors changes in different framework of nethouses.

項目	室溫（℃）			相對濕度（%）			入射日照量（Klux）		
	高架	矮架	對照	高架	矮架	對照	高架	矮架	對照
40%遮蔭	40.6	38.6	40.8	59.5	59.5	58.7	20.3	41.2	120.1
不遮蔭	41.6	40.3		48.6	49.8		89.6	100.0	

註：測定時間民國77年6月16日中午12時正，晴天

四、改良式動態浮根式水耕系統之特性

㈠較易維持養液溫度：

與舊型之平板式栽培床相比，由於改良型栽培床內有八條保利龍凸起之溝槽，而且溝內水位至少為 4～5 公分；又養液之灌排流程僅2.0公尺，因之，即使氣溫在35℃時，水溫仍能維持在28.0～29.1℃間，而舊型之對照則昇至30.2～34.5℃（表 7 ）。

表 7 水耕系統別對35℃氣溫下養液溫度及溶氧量變化之差異

Table 7. Changes in the nutrient temperature and dissolved oxygen at 35°C in different DRF system.

動態浮根式水耕系統別	液溫（℃）	溶氧量（ppm）靜水	灌液 落差	灌液 強制
舊型	28.0～29.1	4.46	5.31	6.63
新型	30.2～31.5	4.59	5.20	6.13

落差流量：0.4ℓ／分　強制流量：6.2ℓ／分

㈡溶氧量較高：

新型栽培床的特性之一為養液之灌排流程較短，此外進液時採用噴射灌液方式。因之，不論養液採用自然落差灌液方式或採用抽水幫浦強制灌液，溶氧量均比舊型之對照多6.5%～7.5%（表 7 ）。

㈢根系較發達：

移植於改良型之栽培承板的蔬菜根系，由於其上方根系1.0公分左右之根系自然地曝露於濕空氣中，而且下方根系一旦與栽培床之凸槽接觸後，即沿著凸起處向下方伸長而形成倒V字型之氣根系（圖 7 ），與舊型栽培床相比，25℃液溫時可促進青梗白菜之根部活性達21%及結球萵苣之根部活性達37%，至35℃液溫時，其對青梗白菜根部活性之促進效果達39.1%，而結球萵苣之根部活性更達53.9%（表 8 ）。又，增加水耕植物之氣根系與增加水中之溶氧量，何者較具增產性呢？由圖12可知，在25℃液溫下，水耕之青梗白菜的地上部鮮重會隨養液中之溶

表 8 液溫及定植板別對青梗白菜及結球萵苣生育之影響

Table 8. Effects of nutrient temperature and panel structure on the growth of Pai-Tsai and head lettuce.

液溫	蔬菜別	地上部鮮重（公克／株）		根部活性（毫克CO_2／株，分）	
		新型板	舊型板	新型板	舊型板
25℃	青梗白菜	73.5	69.2	79.6	57.2
	萵苣	376.3	372.2	159.4	116.3
35℃	青梗白菜	59.1	50.5	59.4	43.7
	萵苣	242.2	227.4	119.6	77.7

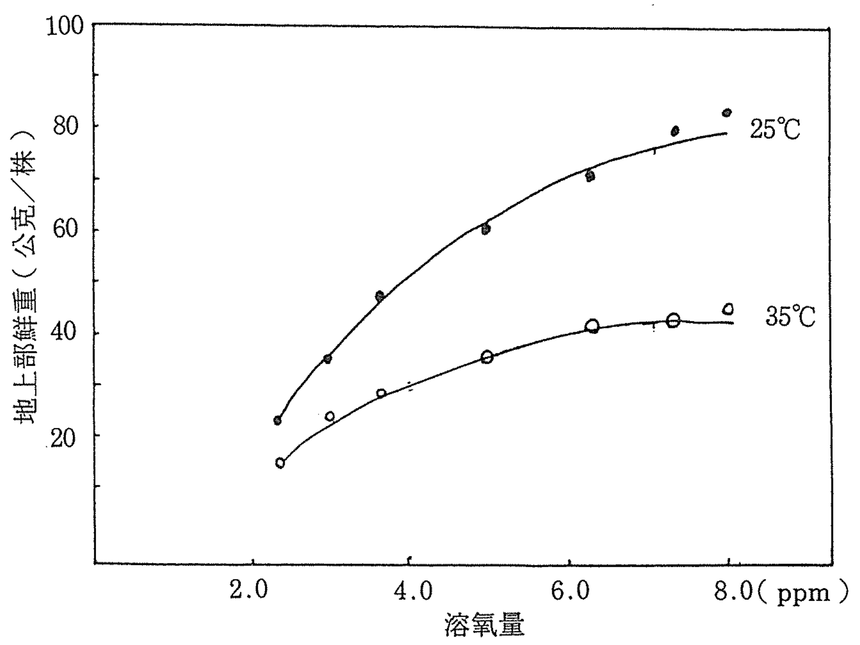


圖 12 液溫與溶氧量之交感效應對21天水耕青梗白菜生育之影響

Fig. 12. Effects of nutrient temperature and dissolved oxygen on the growth of Pai-Tsai.

氧量之上昇而增重，但至35℃時，養液中溶氧量之增加，雖亦有增產作用，但效果卻不顯著。圖12之試驗中，青梗白菜之根系係全部浸於養液中，因之，根系呼吸所需之氧氣全然依靠溶氧量多寡而定。但至35℃時，根系因高水溫而褐化，已無法正常生長，故增加溶氧量並無法改善其生長；倘若上方根系能曝露在濕空氣中，則尚可正常生長，換言之，氣根系之誘發技術當比用電力強制幫浦打氣來得有效。

㈣具豐產性：

在25℃時與舊型栽培床相比，在新型栽培床中，青梗白菜可增產6.2%，結球萵苣則增產1.1%。至35℃時，青梗白菜之增產率達17.0%而結球萵苣則增加6.5%（詳如表８）。

㈤需養液量較省：

在改良型之栽培床，由於具凹凸浪板特性，每單位栽培床最高養液裝載量僅105公升，比舊型之129.6公升可節省24.6公升；且以栽種一次青梗白菜為例，在氣溫35℃下，每1000㎡可節省7.7公噸之養液，而結球萵苣可節省11.1公噸之養液。

㈥耗電量較省：

由於改良型之栽培技術，改採用噴灌進液，因之每小時僅打3～5分，每日動作16次，因之每1000㎡每日耗電量僅10～12KWH，為舊型對照之半。

㈦造價便宜：

改良型之水耕設施每862.4㎡（19.78m×43.6m）之土地面積中可搭建2.13×19.8㎡之矮架溫室12間，其總栽種面積為506.1㎡，即土地使用面積達58.7%。又，每一間矮架溫室，包括內部栽培設施之造價為新台幣55,000元，再加上每６間設施共用之養液自動灌排系統需新台幣50,000元，因之，若以862.4㎡當作一單位水耕農場，則其設施成本之估算如下：55,000元×12＋50,000×2＝760,000元，為日本同類水耕設施構築費用之1／4～1／10。最特別地，本項水耕設施中個別網溫室之構築，係為獨立工程。即在經費不充裕或栽培技術尚未熟練前，農友可視經濟狀況構築一、二棟網溫室，假以時日再擴充之。

㈧設施結構簡單，施工及維修費用較低：

在改良型之動態浮根式系統中，由於網溫室採用矮架組合方式，因之，農友可依本場設計之圖樣及購得各項套件後，自行搭建之。國外水耕栽培系統或溫室之構築均屬專業技術，一向由私人之科技公司承包之，價位極高。本場舊型之水耕系統，在溫室構築上亦有相同之困難，尤其在本省尚無專業之溫室工程公司，坊間現有之水耕農場其網溫室大致由承包鐵架石棉瓦陰棚的私人企業社代工，而內部之水耕設施，則係沿用日本之溫帶型水耕技術。因之，不但構築費用高昂，而且由於缺乏農用設施之專門資材及知識，維修費用亦不低。台中區農改場的矮架水耕溫室，不論在構築方面，或爾後之維修方面，甚或日常屋頂塑膠布之清洗作業均可自行操作之。

㈨防蟲性佳：

利用高隧道式網溫室或力霸鋼架網溫室來栽培水耕蔬菜弊端之一為防蟲性不佳，而台中農改場新開發之矮架溫室，則採用單株日之作業，因之，一旦蔬菜移栽至栽培床上則四周立即以24目白色尼龍網封著，直到收獲日才再掀開，故栽培過程發生病蟲害之機率較低。甚至一旦某溫室在採收時發生嚴重病蟲害，也較易於進行獨棟之消毒作業。

參考文獻

1. 高德錚　1987　動態浮根式葉菜水耕栽培系統之評估　P77—94　第一屆設施園藝研討會專輯　台灣省農業試驗所出版
2. 高德錚　1987　設施園藝栽培技術之研究　造園季刊　1(4)：37—53
3. 高德錚　1988　精緻農業水耕栽培技術　P25—44　行政院青年輔導委員會出版
4. 山崎肯哉　1986　水耕栽培の魅力とリスクTHE水耕栽培　P40—46　富民協會每日新聞社出版
5. 山崎肯哉　1986　養液栽培技術の發展經過と今後の方向　農業および園藝　61：107—114
6. 花田俊郎　1987　東南アジアでの養液栽培　農業および園藝　62：135—140
7. Cooper, A. 1988 The Ariel System of NFT System, pp. 157–170, in Special Lectures Volumes of "Horticulture in High Technology Era", Held in May 10–11.
8. Resh, H. M. 1987 Hydroponic Food Production, pp. 120–152, Woodbridge Press Publishing Company.
9. Savage, A. J. 1985 Hydroponics Worldwide: State of the Art in Soilless Crop Production Published by: International Center for Special Studies, U.S.A.
10. Winsor, G. W., R. G. Hurd and D. Price 1985 Nutrient Film Technique. Grower's Bulletin No. 5, Published by: Glasshouse Crops Research Institute U.K.

討　　論

陳榮五（台東區農業改良場）問：

超級市場標榜水耕栽培的蔬果不噴灑農藥，是否完全無病蟲害？

高德錚（台中區農業改良場）答：

使用 DRF 之農戶，作物生育期短，不需要施用農藥，但採用 DRF 的農戶，從未標榜農林廳輔導，而僅是註明本身的標誌。

沈再發（鳳山分所）補充：

在作物選擇上很重要，葉菜類之萵苣類問題較少，白菜類問題較多。而蕹菜類生育期較短，農藥應沒有問題。

A NOVEL SYSTEM DESIGN STUDIES ON THE TROPICAL HYDROPONIC TECHNIQUE – AN IMPROVEMENT ON THE DRF HYDROPONIC SYSTEM –

Te-chen, Kao, Sheng-tien Chang, Tsair-sheng Hong and Schun-ling Liang

Associate Professor, Assistant, Field Technician, Field Technician,
Taichung District Agricultural Schun-ling Improvement Station

ABSTRACT

A novel design on the hydroponic technique i.e. dynamic root floating system (DRF system) was developped by the authors in 1986, in order to improve the vegetable quality and to stabilize the vegetable production in the summer season in Taiwan. However, it was not popular to be accepted owing to its high tech and cost. Moreover, the high cost is not only due to the initial cost of installation, but also due to the loss by typhoon, optional optional facilities of ventilation, cooling and insectproof system etc.. It is therefore, a 2-year studies is conducted to dissolve these troublesom problems. The advantage improvement is focused both on the nethouse structure and hydroponic system. The results were summarized in following:

I. Nethouse structure

1. The standard size of the nethouse is 2.13m (W) x 1.80m (H) x 7.2m (L). The length of the nethouse is able to enlarge to meet the demand of the grower's daily marketing capacity.
2. The framework of this nethouse is conducted by the ½″ϕ and ¾″ϕ of tubular steel pipe, which is easy to be self-made by the growers after a 2-day training.
3. A dew resistant PVC plastic sheet with 0.15–0.20 mm (T) is covered on the nethouse as a rainproof and a white PE plastic net with 24 meshes is held around the nethouse as a insectproof coall. When air temperature is higher than 30°C, a black PE plastic net with 40% shading rate is suggested to cover on the top of the roof.
4. The specificities of this nethouse structure are: (1) cheap in self-made constructure, (2) resistant to typhoon, (3) good for ventilation, (4) a little difference in CO_2 concentration, room temperature, relative humidity and light intensity as compared to those outside.

II. Hydroponic system

1. The culture bed is made by polystyrofoam by the standard size of 90.1 cm (L) x 88 cm (W) x 15 cm (D). It is a wave shape culture bed, plant seedlings are transplanting and held on the peak of the wave and nutrient is kept running on the valley of the wave, which allows a V shape aero-root on the apper root system to enhance the root activity, espically in 35°C of nutrient temperature.

2. The recycling nutrient flow path is running not more than 2.0 m. In other words, the nutrient is always supplied from one side of the nethouse, and quitly running through to the other side of the nethouse, then back to the underground tank.
3. A special design of the panel is also improve to offer 80 planting holes, and seedlings allow 84.1 cm^2 of free air space to reach more aero-root system.
4. The specifities of this culture system are: (1) constant level both in nutrient concentration and temperature, (2) enrich in dissolved oxygen, (3) good for air-root system developing, (4) low comsumption both in nutrient and electric power, (5) high productivity in a constant growth period.

熱帶地區番茄水耕系統之改進

太田保夫　吳登林
亞洲蔬菜研究發展中心

IMPROVEMENT OF HYDROPONIC TOMATO CULTURE SYSTEM FOR THE TROPICS

Yasuo Ota and Deng-lin Wu*
Asian Vegetable Researh and Development Center

Abstract

To improve the noncirculating hydroponic system for tomato culture under tropical conditions, nonaerated, aerated and nutrient capillary technique (NCT) systems were tested in both winter and summer seasons in 1988. Results were obtained as follows.

1. The nonaerated hydroponic system can be applicable to winter season tomato culture, but nutrient solution should be kept at a temperature below 25°C. On the other hand, its potential for tomato culture in summer season was not as great as in the winter season, because of high solution temperature.
2. The nonaerated hydroponic system in tomato culture was improved by aerating the solution, and thus, increasing the physiological activity of roots and uptake of nutrients.
3. The nutrient capillary technique (NCT) system can induce more healthy root growth with vigorous branching than the other two hydroponic systems. Hence, it could be more applicable for tomato culture during summer than the other two systems.
   The smoked rice husks of the NCT system are not only a good rooting medium which permit an adequate oxygen supply but are also very good materials to supply water and nutrients by capillarity.

Introduction

In 1986 AVRDC developed a noncirculating hydroponic system, which requires no aeration, for vegetable production in the humid tropics (Imai 1987). However, utilization of

*To whom correspondence should be addressed.
Please address to: Tokyo University of Agriculture, 1–1, Sakuragaoka 1–chome, Setagaya-Ku, Tokyo 156, Japan.
* 亞洲蔬菜研究發展中心

this system is limited in periods of high temperature, because the solubility of O_2 decreases significantly with increasing temperature, whereas plant respiration and, therefore O_2 demand, increases rapidly with increasing temperature. There are two methods to solve the problem of insufficient O_2 in the nutrient solution. One approach is to apply the standard nutrient solution aerating technique in noncirculating hydroponics, i.e. the use of air bubblers which serve to both add and stir O_2 into the nutrient solution. The other method is to employ the nutrient film technique (NFT) in circulating hydroponic systems. On the other hand, in order to avoid the hazard of high temperature in the nutrient solution, the roots and the rooting medium should be kept below 25°C in tomato culture. However, if the standard nutrient solution aerating technique is applied in a noncirculating hydroponic system in the hot tropics, it is very difficult to maintain the solution below 25°C because solution temperature usually increases with the increase of air temperature.

In an attempt to avoid the hazard of high temperature in solution and stabilize tomato productivity in the tropics, a nutrient capillary technique (NCT) was developed.

Experiments were carried out using tomato plants in two seasons, i.e. in winter and summer 1988 at AVRDC. Three different noncirculating hydroponic systems were compared, i.e. nonaerated, aerated, and nutrient capillary technique (NCT) hydroponics.

Experiment 1. Winter season trial

Materials and Methods

In the winter season trial, 37-day-old tomato seedlings of variety FMTT 6 were transplanted in wooden containers (360 × 60 × 30 cm^3) on 6 January 1988 with two replications in all three different hydroponic systems. Twelve seedlings were transplanted in each container with the spacing 80 × 30 cm^2, and had a population density of 2.2 plant/m^2. The containers were completely covered with white polystyrene foam and black vinyl sheets to cut off solar heat and the development of algae.

The noncirculating hydroponic system previously developed at AVRDC which has no aeration (nonaerated) (Figs. la and lb) was compared with the same system with aeration supplied for 15 minutes per hour (aerated) and the nutrient capillary technique (NCT) using smoked rice husks as a rooting medium to supply nutrients by capillarity from the bottom of the containers. Three layers of sheets were placed in the bottom of the containers with PVC percolating cloth on top, white net (0.15 mm) in the middle, and black net (0.55 mm) at the bottom to prevent roots from developing outside the rooting medium (Fig. 2).

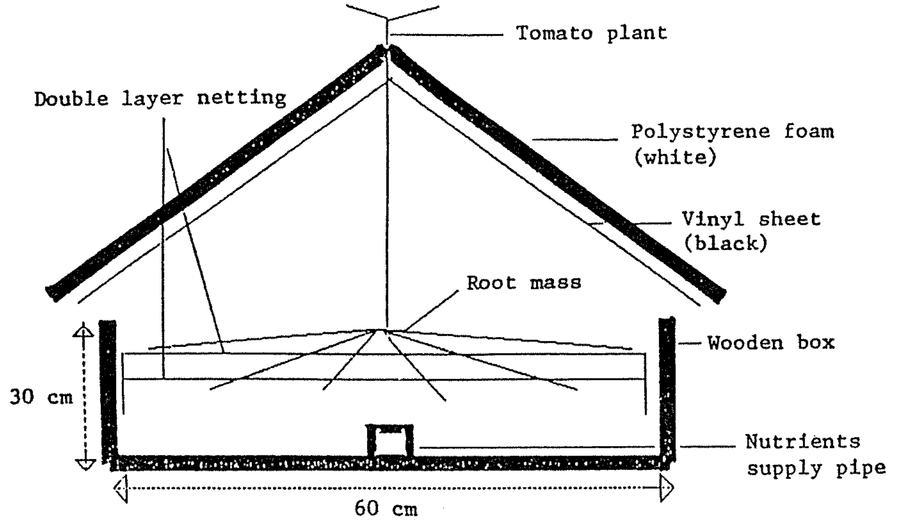


Fig. 1a. Noncirculating hydroponics system.

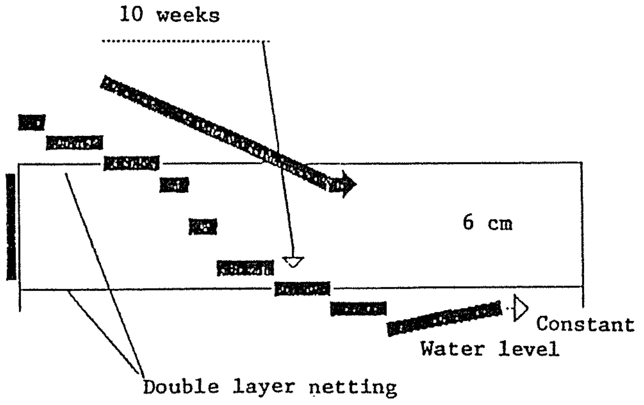


Fig. 1b. The scheme for water level control in hydroponics.

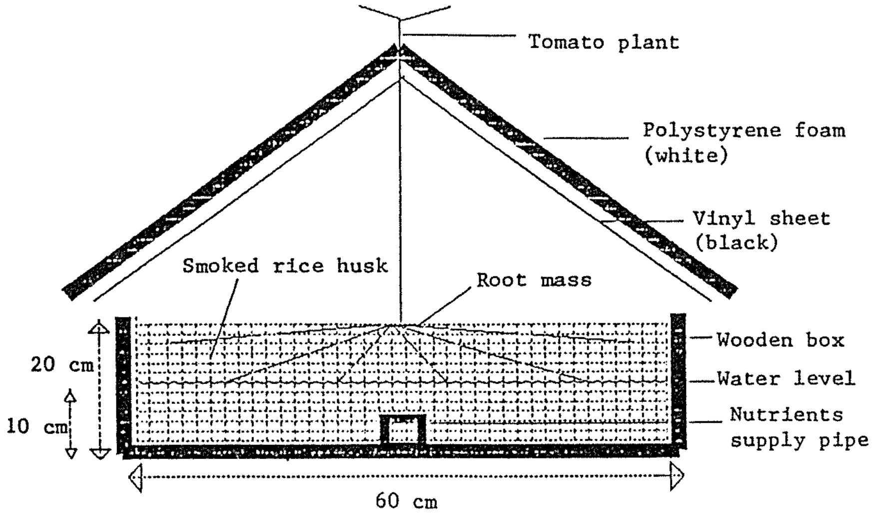


Fig. 2. Nutrient Capillary technique (NCT) hydroponics.

Macronutrients were applied twice a week and micronutrients once every three weeks to adjust solution concentration in accordance with the formula modified from Wilson's for tomatoes grown by NFT (Jones 1983) (Tables la and lb). The solution level was controlled by an automatic device to add tap water.

Table 1a. Macronutrient formula used to grow tomatoes.

Chemical	Vegetative growth stage		Reproductive growth stage	
	(ppm)	(g/l)	(ppm)	(g/l)
$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	(N)56, (Ca)80	0.472	(N)86, (Ca)123	0.725
KNO_3	(N)48, (K)134	0.347	(N)68, (K)189	0.491
K_2HPO_4	(P)35, (K)78	0.197	(P)50, (K)126	0.281
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	(Mg)48.6	0.493	(Mg)31.0	0.314

Table 1b. Micronutrient formula used to grow tomatoes.

Chemical	Concentration (ppm)	Amount (g/l)
Fe-EDTA($C_{10}H_{12}N_2O_8NaFe \cdot 3H_2O$)	(Fe)3.00	2.2600
$MnSO_4 \cdot H_2O$	(Mn)0.50	0.1540
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	(Cu)0.02	0.0079
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	(Zn)0.05	0.0220
H_3BO_3	(B)0.50	0.2860
$NaMoO_4 \cdot 2H_2O$	(Mo)0.01	0.0025

Tomato plants were trained to two Y-shape stems with thirteen clusters. The terminal growing points were cut on 5 March 1988. Three fruits were maintained on each cluster. Mature fruits were harvested five times from 25 March to 6 May.

Results

The records of air and solution temperatures during the growth stage in the hydroponic culture are shown in Fig. 3. Pests and diseases were well controlled.

In the winter season, tomatoes in the hydroponic culture, even though nonaerated, grew well. Wilting of the leaves was observed in early February due to low concentration of oxygen in the solution of this hydroponic system. The average maximum air and solution temper-

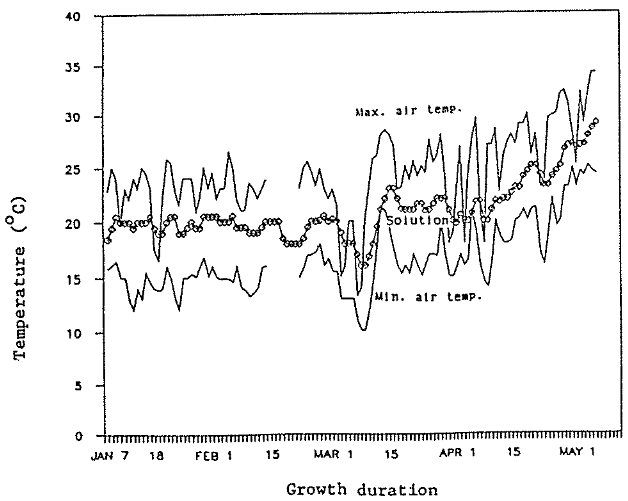


Fig. 3. Changes in air and solution temperatures in noncirculating hydroponic tomato culture in winter 1988.

atures during the growth stage in the winter season were 24.4 and 21.0°C, respectively. During the later growth stage, the solution temperature gradually increased as air temperature increased. Growth of tomato plants in the nonaerated hydroponic culture was retarded compared with that in the aerated or NCT hydroponics systems. This is likely due to the low oxygen concentration in the solution in the nonaerated compared to the aerated culture (Fig. 4). The absorption of water and nutrients in the different hydroponic systems is shown in Figs. 5–9. The uptake of water by plants in the aerated and the NCT hydroponics was much greater than in the nonaerated ones. The same tendency was observed in the uptake of nutrients, such as nitrogen, phosphorus, potassium and calcium.

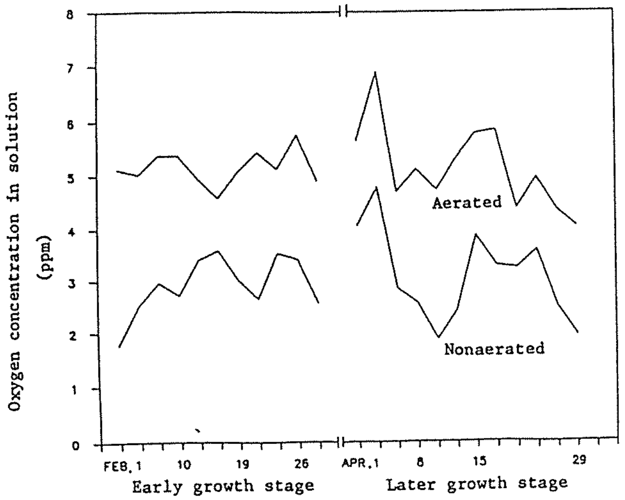


Fig. 4. Effect of aeration on oxygen concentration in nutrient solution of noncirculating hydroponics in winter 1988.

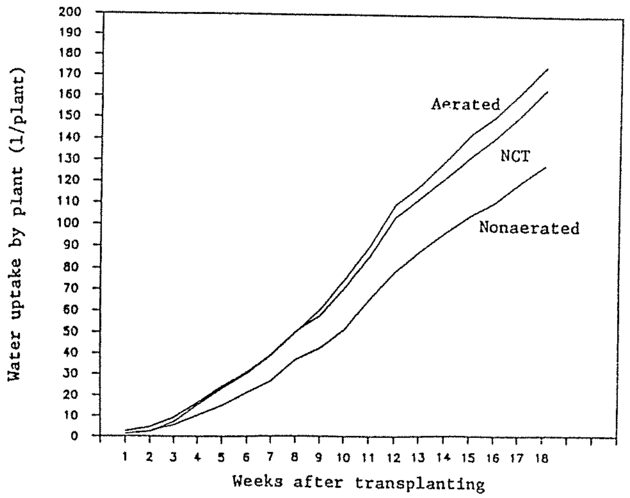


Fig. 5. Water uptake in different hydroponic systems in winter 1988.

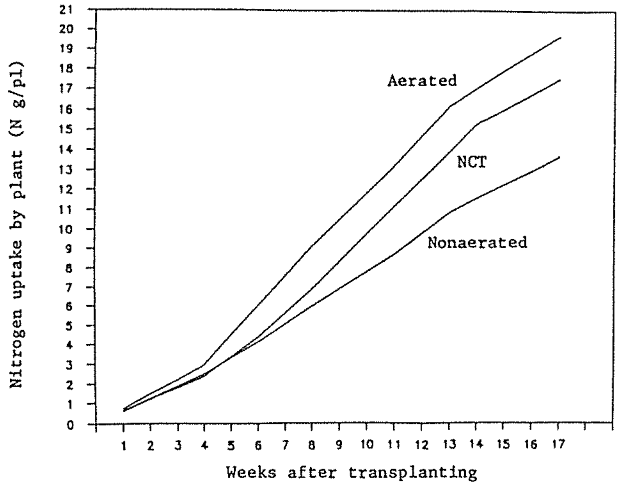


Fig. 6. Nitrogen uptake in different hydroponic system in winter 1988.

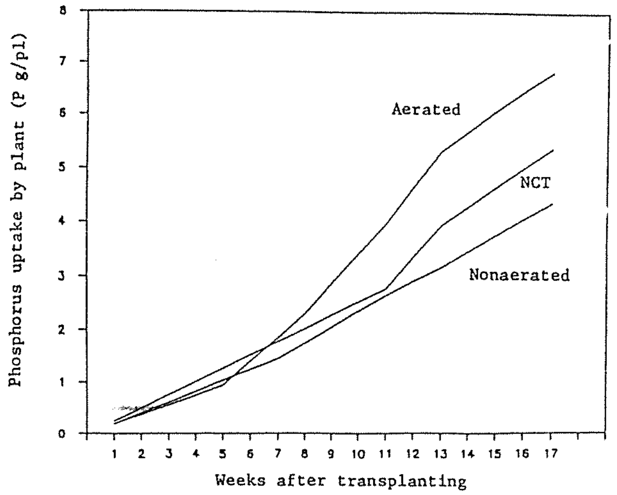


Fig. 7. Phosphorus uptake in different hydroponic systems in winter 1988.

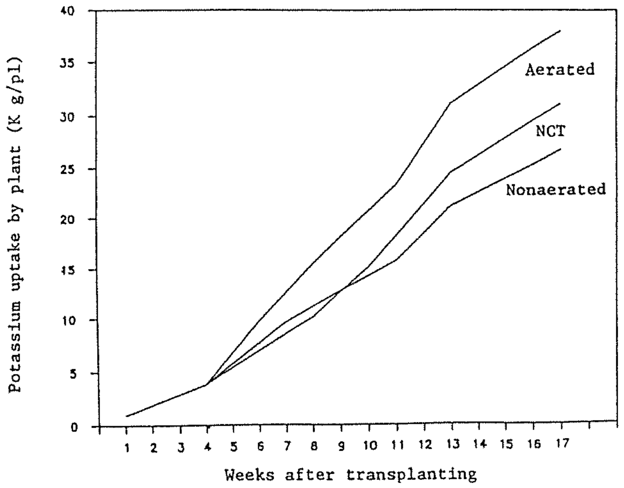


Fig. 8. Potassium uptake in different hydroponic systems in winter 1988.

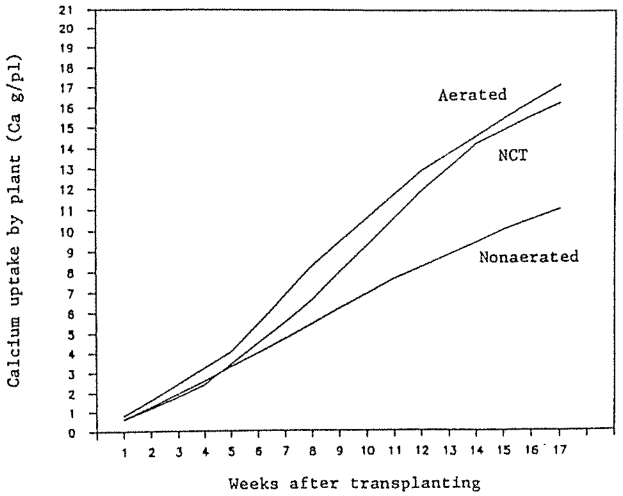


Fig. 9. Calcium uptake in different hydroponic systems in winter 1988.

The physiological activity of roots in the nonaerated hydroponics system at the later growth stage was compared with that in the aerated ones (Table 2). It was clearly observed that root activity in the nonaerated hydroponics was much lower than that of the aerated one at the later growth stage. Tomato yield is provided in Table 3. Fruit yield from the early harvesting during the winter season did not vary much among the three different hydroponic systems, but there was a clear difference in yield during the later harvesting. The much lower yield in the nonaerated hydroponics system is associated with decreasing root activity.

Table 2. Respiratory rate of roots at later growth stage in winter hydroponics 1988.

Hydroponic system	Part of root^z		
	Aerial	Solution	Total/plant
Nonaerated	2.78^y	6.23	9.01
Aerated	1.60	27.38	28.98

^{z} Measurement of respiratory rate of roots was made by using D.O. meter.

^{y} Numerals show O_2 consumption in μl per 1 g of fresh roots.

Table 3. Tomato yield in different hydroponic systems in winter 1988.

Hydroponic system	Factors	Harvesting date					Total
		March 25	April 1	April 8	April 22	May 6	
Nonaerated	Fruit no./plant	3	7	4	8	12	34
	Average fruit weight (g)	230	162	172	158	133	158
	Yield (g/plant)	689	1132	688	1260	1594	5363
Aerated	Fruit no./plant	3	5	5	10	14	37
	Average fruit weight (g)	212	180	213	175	156	176
	Yield (g/plant)	636	899	1064	1746	2178	6522
NCT	Fruit no./plant	3	6	5	8	13	34
	Average fruit weight (g)	230	178	208	171	162	185
	Yield (g/plant)	689	1070	1041	1365	2109	6274

Experiment 2. Summer season trial

The three different hydroponic systems mentioned in the previous trial were examined for adaptability in the summer, 1988 season.

Materials and Methods

After about 29 days of growth, the seedlings (FMTT 6) were transplanted in wooden containers on 17 June 1988. Twenty-four tomato seedlings were transplanted in each container ($360 \times 60 \times 30$ cm^3) with the spacing 40×30 cm^2, and had a population density of 4.4 plant/m^2. They were trained to a single stem, and the top two leaves were cut above the 7th clusters on 1 August 1988. Samples of four plants from each hydroponics system were taken to measure the leaf number and leaf area index on 19 July, 2, 16 and 30 August, and 4 September 1988.

During the second week after transplanting, most top leaves of the plants wilted every noon except the NCT plants. However, they recovered and never wilted again after they were covered with a black-net which reduced the light intensity about 40%. Other cultural methods were the same as in the winter trial.

Results

Tomato growth in the summer was severely retarded compared to the winter because of high air and solution temperatures (Fig. 10). The average maximum air and solution temperatures during the growth stage were 31.2°C and 28.1°C, respectively. The oxygen concentration in the solution was considerably lower (Fig. 11).

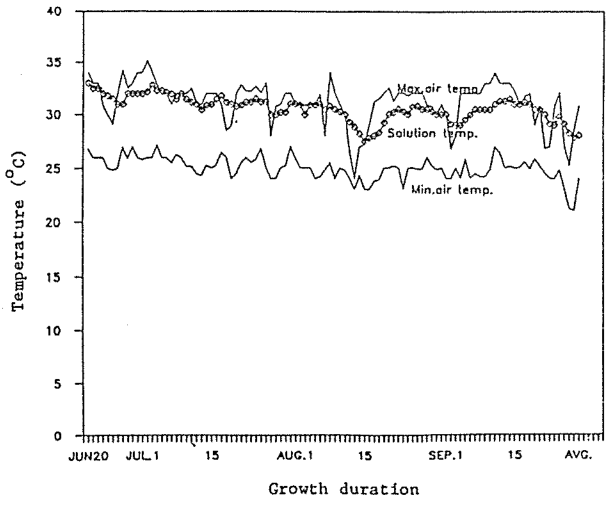


Fig. 10. Changes in air and solution temperature in the noncirculating hydroponics system of tomato culture in summer 1988.

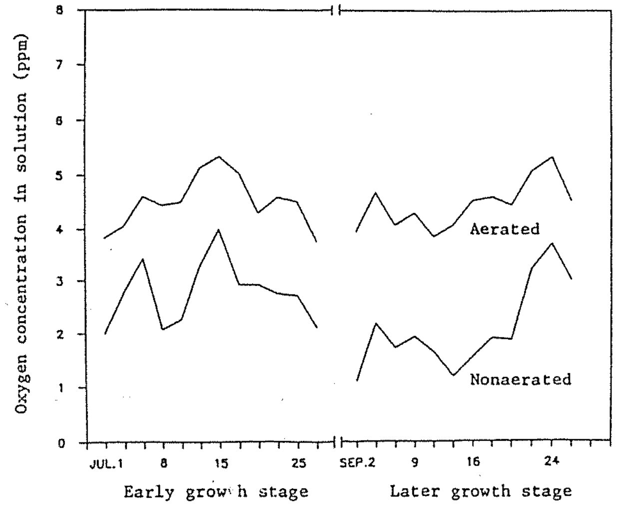


Fig. 11. Effect of aeration on oxygen concentration in solution of the noncirculating hydroponics system in summer 1988.

The number of leaves were greater and the LAI of the plants in the NCT system were larger than those in the other systems during the different growth stages (Table 4). The temperatures in the NCT system were 1.1°C lower than in the other two systems, indicating that the NCT system is better for root activity and favors plant growth during the unfavorable high temperature conditions.

In the nonaerated hydroponics, root rot, associated with low oxygen concentration in the solution, very often occurred to developed roots. The physiological activity of roots during the growth stage was deterred in the nonaerated and aerated hydroponic systems (Fig. 12).

Table 4. The number of leaves and leaf aera index (LAI) at different growth stages in summder 1988^{z}.

Treatment	Date & item:	Jul.19	Aug.2	Aug.16	Aug.30	Sep.4	Average
Aerated	Leaf no.	21.80	26.80	26.30	26.80	27.50	25.80
	LAI	1.73	2.07	1.50	2.50	1.95	1.95
Nonaerated	Leaf no.	21.00	25.50	26.80	26.80	26.80	25.40
	LAI	1.26	1.60	1.52	1.98	2.14	1.70
NCT	Leaf no.	19.80	23.80	24.00	2.65	27.60	24.30
	LAI	1.79	2.44	2.31	3.21	3.29	2.61

^{z}Measured by means of four plants.

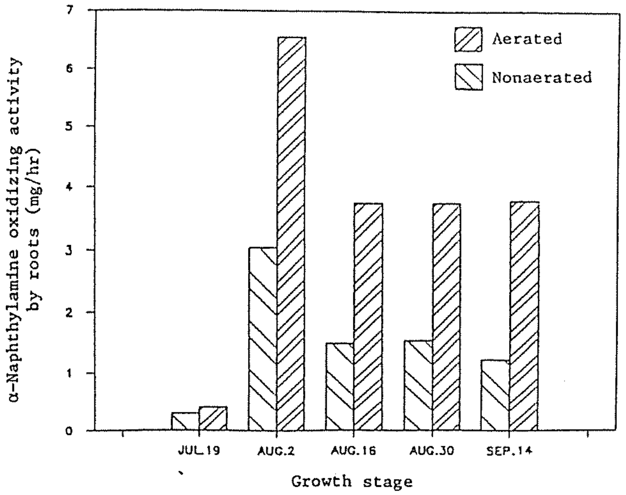


Fig. 12. Effect of aeration in solution on physiological activity of roots in summer hydroponics 1988. (Root activity was measured by using α-naphthylamine—Ota 1970.

In the NCT system, the solution temperature was slightly lower than that in the aerated one (Fig. 13). Roots were healthy and branched well. The tomato yield in the summer season was lower than in the winter season. Among the different hydroponic systems compared, the NCT one has a higher yield with bigger fruit in this season. The nonaerated hydroponics system has a low yield with smaller fruit (Table 5). The uptake of water and nutrients in different hydroponics during the growth stage in the summer is shown in Figs. 14–18. In general, the uptake of water and nutrients in the summer season was lower than in the winter season. The uptake of nutrients was very low, especially in the nonaerated hydroponics because of low root activity.

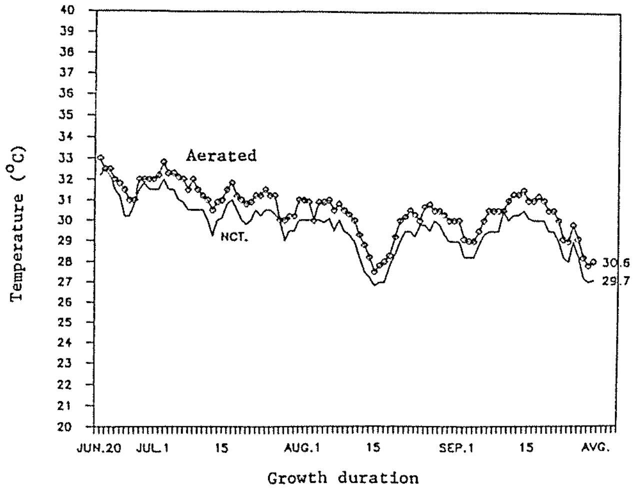


Fig. 13. The solution temperature in the nonaerated and NCT hydroponic systems.

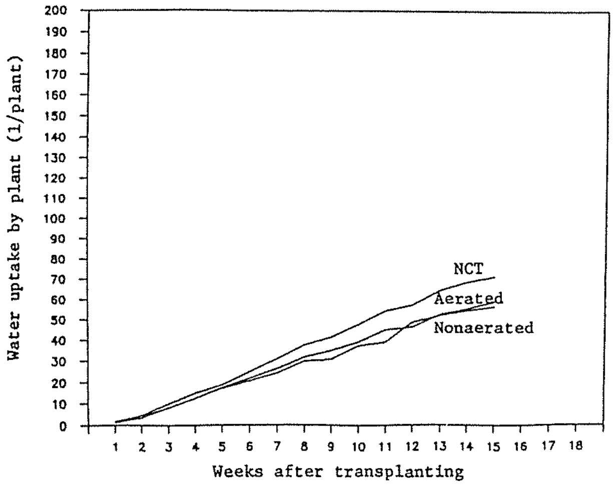


Fig. 14. Water uptake in different noncirculating hydroponic systems in summer 1988.

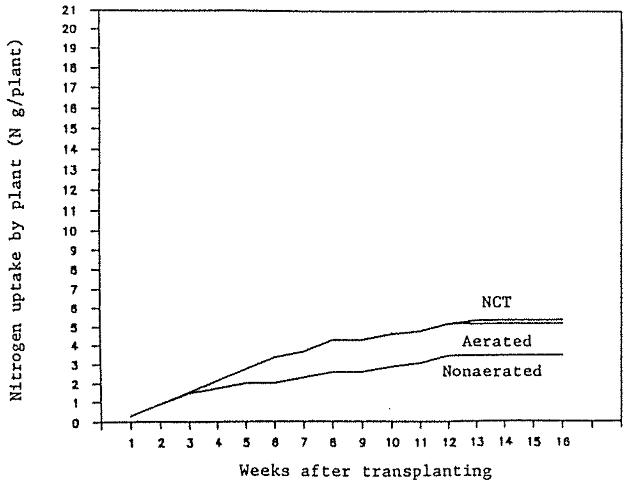


Fig. 15. Nitrogen uptake in different noncirculating hydroponic systems in summer 1988.

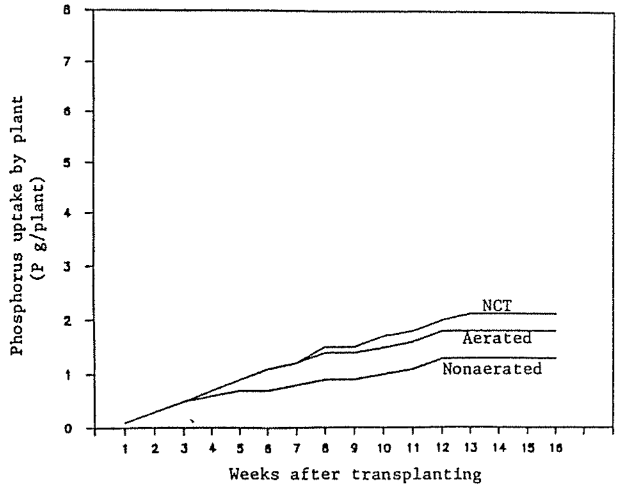


Fig. 16. Phosphorus uptake in different hydroponic systems in summer 1988.

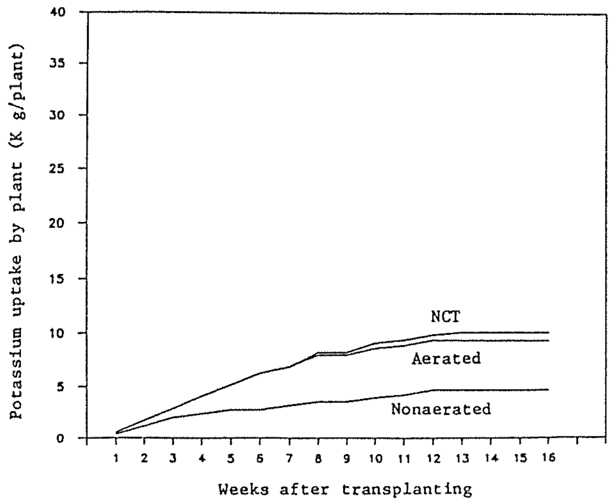


Fig. 17. Potassium uptake in different hydroponic systems in summer 1988.

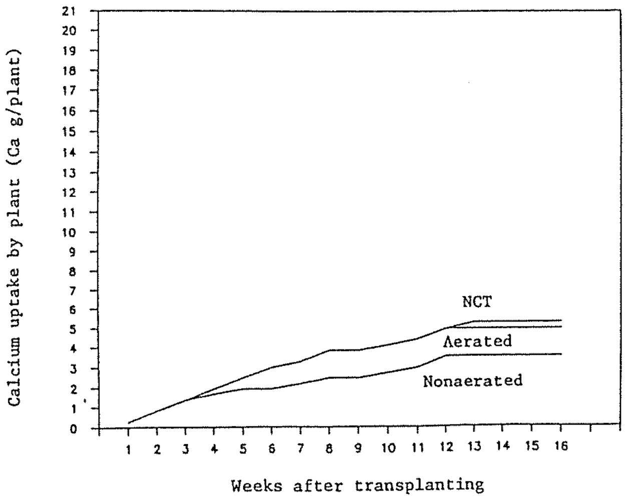


Fig. 18. Calcium uptake in different hydroponic systems in summer 1988.

Discussion

In the summer, the NCT system had a higher yield (Table 5) and a larger leaf area (Table 4) at different growth stages than the other two systems.

Table 5. Tomato yield in different hydroponic systems in summer 1988.

Hydroponic system		Harvesting date								Total
		Aug. 6	Aug. 15	Aug. 22	Aug. 29	Sept. 6	Sept. 15	Sept. 23	Sept. 29	
	Fruit no./plant	2.5	2.4	1.0	1.5	1.3	2.3	1.2	0.3	12.5
Nonaerated	Average fruit weight (g)	141.0	115.0	100.0	49.0	87.0	60.0	77.0	60.0	93.0
	Yield (g/plant)	353.0	277.0	100.0	73.0	113.0	138.0	92.0	18.0	1163.0
	Fruit no./plant	1.9	2.1	1.3	1.6	1.5	2.1	1.6	0.5	12.7
Aerated	Average fruit weight (g)	155.0	135.0	138.0	54.0	120.0	96.0	99.0	70.0	112.0
	Yield (g/plant)	294.0	284.0	180.0	87.0	180.0	202.0	159.0	35.0	1421.0
	Fruit no./plant	2.3	2.9	0.2	1.3	2.1	1.3	1.1	1.3	12.5
NCT	Average fruit weight (g)	171.0	186.0	115.0	74.0	124.0	123.0	91.0	67.0	133.0
	Yield (g/plant)	393.0	540.0	23.0	96.0	260.0	160.0	100.0	87.0	1660.0

There are some constraints in developing hydroponic systems in the humid tropics. Figs. 4 and 11 show that nonaerated hydroponics systems had the lowest O_2 content. Whenever oxygen is deficient, the quanitity of water absorbed is insuficient to offset the loss from transpiration and plants consequently wilt. Root rot is caused by high temperature and depletion of oxygen in the solution.

It is clear that the former noncirculating hydroponic system can not be applied to a hot climate season because of root rot. But it can be applicable in some cases in the winter season when the temperature of the solution is maintained at lower than 25°C.

The water management of both the aerated and nonaerated systems (Fig. 1b) were scheduled to decrease 2–3 cm below the root medium at four weeks after transplanting. Therefore, the hot air suppressed the root elongation and sharply decreased the moisture in the rooting media in the summer season. At the same time, the roots could not retain sufficient quantities of water to meet plant requirement.

Literature Cited

Hideo Imai. 1987. AVRDC noncirculating hydroponics system. Symposium of Horticultural Production under Structure. June 1987. p. 109–124.

Te–Chen Kao. 1987. Evaluation on the DRF hydroponic vegetable culture system. Symposium of Horticultural Production under Structure. June 1987. p. 77–94.

J. Benton Jones, Jr. 1983. A guide for the hydroponic of soilless culture grower. Timber Portland, Oregon. p. 1–124.

Y. Ota. 1970. Diagnostic methods for the measurement of root activity in rice plant. JARQ 5: 1–6.

討　　論

林學正（台南區農業改良場）問：

何謂 NCT ？如何通氣？是否嘗試栽培其他作物？

太田保夫（亞蔬中心）答：

NCT 是炭化稻殼，介質之養液栽培方式。空氣幫浦打氣，以氣泡型式加入，番茄是唯一實驗的作物。

摘　　要

為改良非循環式水耕系統在夏季果菜類生產的效率，並比較溶氧對番茄根系發展及植株生長之影響，在1987年冬季及1988年夏季利用通氣、不通氣及毛管（NCT）等三種不同方式的非循環式水耕，種植番茄所得結果如下：

1.不通氣的水耕系統，在冬季可用來種植番茄，但是培養液的溫度必須保持在25℃以下。在夏季則由於培養液的溫度太高，種植番茄的效果較差。

2.利用培養液通氣的方法來改良非循環式水耕，可以增加根的生理活性，及對養分的吸收。

3.NCT系統較其他二個系統，更能發生健壯的根系，同時側根的分生也較旺盛。NCT的主要優點為，材料費低廉，建造容易，同時植株的生育旺盛，產量較高，為較適宜應用於夏季種植番茄的水耕技術。NCT所用的介質為炭化稻殼，它不僅是良好的發根介質材料，也能適當的供應氧氣，以及藉著毛細管作用提供作物的養分及水分。

設施園藝研習會專集 163～171 (1989)

利用養液薄膜法（NFT）栽培葉菜類

李美玲　張國珍　康有德*

國立台灣大學農學院山地實驗農場

摘　　要

傳統上土壤是栽培作物的主要介質，但因其含有各種阻礙作物生長發育的限制因子，而利用養液栽培可突破土壤中肥料因日照及降雨所造成的蒸散及流失，根部因乾濕度變化劇烈，導致水份供應不平衡或氧氣不足，而降低生長速度等缺點。

本場NFT養液栽培乃針對葉菜類而設計，隨著季節溫度的變化，白菜一期18～15天，年產15～18期；葉萵苣一期25～30天，年產12～15期；芹菜一期50～60天，年產6～7期。而土耕法一年僅可採收3～8期，故單位栽培面積的利用可發揮到極點。

養液薄膜法（Nutrient Film Technique）NFT是水耕栽培法的一種，其特點為：1.養液24小時循環流動，不斷供應養分，並增加水的溶氧量。2.栽培床上設計有“液溝”，栽培時不需要儲存養液，藉著1/ 80或1/ 100之斜度，使養液在栽培床上分開成一道一道薄薄的液流，供應作物生長需要。3.設施構造簡單，操作容易，並可修改栽培床的長寬設計適應不同作物的需要。

一、前　　言

NFT基本上乃利用給液泵浦透過EC控制器，將高濃度之原液定量稀釋於養液槽中，再經沉水馬達將養液槽中混合均勻之養液抽送到每一栽培床。栽培床由固著作物之保利龍板及其支持作用之鍍鋅鋁面板與角架以及供養液通過之PE塑膠布所組成。栽培床斜度為1／80，最高處100公分，最低處75公分，寬度為120公分，長度則分22、27公尺兩種。養液經作物吸收後濃度降低，待迴流入二栽培床中間之養液槽後，由濃度控測器探知濃度，透過給液泵浦與EC控制器，將原液放入養液槽，再經沉水馬達將混合均勻之養液抽送到栽培床，如此周而復始，構成一不斷循環流動的栽培系統。

---

* 國立台灣大學農學院附設山地實驗農場技佐，台大山地實驗農場春陽分場主任，台大山地實驗農場場長暨台灣大學園藝系教授。

二、簡易隔雨塑膠布室之架構

㈠骨架：

本省氣候高溫多濕，欲栽培精緻作物，隔雨甚為重要，在台灣大學附設山地實驗農場春陽分場為NFT水耕設施配置之簡易塑膠布室，係以4分鍍鋅鐵管為骨架，採隧道型連棟式，長度55公尺，寬5公尺，高3.2公尺，鐵管間距50公分，連棟交叉後為25公分，穩固度極高，如照片1、2，惟為提供作物更良好之生長環境，防雨塑膠布室之基礎支柱可考慮採4英吋輕鋼架方型鐵柱，頂部再以1英吋鍍鋅鐵管為材料，做成圓拱型屋頂，這種改良型架構高4.8公尺，寬7.2公尺，連棟間無支柱障礙，可增加栽培床數量。

㈡尼龍網：

為隔離昆蟲，PE布室四周以MINIPET鋁面板凹槽固定32目之白色尼龍網，但平地因溫度較高，使用32目或64目等高密度尼龍網會造成通風不良，溫度上升，而使作物生長受影響，產品品質低下，故有必要加裝抽送風設備，增進通風與降溫的效果。

㈢塑膠布：

本場簡易塑膠布室，係以日本さかど公司0.2mm厚之網紋PVC塑膠布為覆蓋材料，波浪形網紋有防止破裂處再擴大的效果，加上特殊的處方，並可抗紫外線，防止結霧，增進日照。目前發展出的紫外線斷除型塑膠布，有降低室內昆蟲數量之效果，可減少噴葯，增加蔬菜在食用上之安全性，故塑膠布室所用防雨被覆材料恰當與否，影響設施栽培成效甚大，是一頗值得繼續研究開發的課題。

㈣鋁　　門：

為方便進出並確保清潔隔離的效果，每棟網室前後各裝一活動型軌道鋁門。

㈤排水槽：

為保持室內乾燥並防止二棟塑膠布室間滴水造成工作不便，於連棟網室交叉處，安裝U型排水槽，以利降雨逕流之回收或排除。

三、NFT式之水耕栽培設施組件

㈠育苗盤：

為增進水耕栽培的效率，增加單位面積的栽培次數，基本上育苗與栽培是分開的，故應另闢獨立之育苗室。本場在育苗時所用之育苗盤，係採用硬質保利龍板，長57公分，寬30公分，高3.3公分，盤內舖置厚2.5公分，切割成324格之海綿塊，每分地所需育苗盤數量約150～180盤。如照片3。

㈡栽培床：

每棟5公尺寬之塑膠布室，可容納寬120公分之栽培床二組，分四小區，四個栽培床，前二區為27公尺，後二區為22公尺，中間以8噸養液槽相銜接。每一栽培床有10道液溝，深1.2公分，寬12公分。支持此鍍鋅鋁面板栽培床之角架，每118公分處設1支，栽培床上則由長60公分，寬52公分，厚1.6公分之保利龍發泡面板連接覆蓋而成。保利龍板上有行株距12×9（公分）之圓型栽培孔30個，總計每分地共有4萬8千個栽培孔，每一栽培床上養液流量為每分鐘10～20公升。如照片4、5。

㈢EC控制器：

係利用離子導電度來指示養液中鹽類總濃度。濃度高，導電度高，無法測出個別養分的含量。故欲配製適當的養液，最好做定期化學分析。此外適當的養液濃度需要，因作物種類、不同生長期、溫度高低、水質等因素而做不同調整。目前EC控制器是電子領域中極高科技的產物，如何在水耕方面因作物的生長需要，做更精密的配合，仍有待努力研究與開發。如照片6。

㈣養液槽：

由玻璃纖維製成，每一分地需8噸養液，為防止日光照射及水溫變化，故埋設於地下，並予遮光加蓋。

㈤給液泵浦：

當養液槽內濃度降低時，給液泵浦將接受EC控制器的指示自動開啟，將1、2號兩種肥料原液釋放入養液槽內，至達要求的濃度時，給液泵浦即自動關閉。

㈥養液濃度探測器：

置於8噸養液槽內，可隨時探知濃度，另一端連接EC控制器，以控制原液的補充。

㈦原液槽：

高90公分，直徑為60公分之二原液槽，分別裝入1號及2號原液，此原液乃由15公斤1號固體肥料及10公斤2號固體肥料分別放入桶中，加水攪拌而成。兩種肥料原液應避免混合，以免發生化學變化。

㈧沉水馬達：

每分地以一個2馬力馬達來擔任養液抽送循環的工作。

㈨發電機：

NFT系統係靠電力維持其循環運作，停電時所栽培作物會因缺水、養分而萎凋死亡，因此應備發電機，以避免停電之情發生。

四、栽培管理

㈠育苗：

1.介　　質：

播種用之海綿可分中間有十字切割及完全無切割兩種，其規格不同單價亦有所差別，播種前海綿必須充分泡水並加拍打以去除所含空氣，育苗盤中先添加1／3水量，再將海綿放入盤中。如欲延長育苗時間，則海綿塊須由原來的2.5×2.5×3（公分）之規格調整為3×3×3（公分），否則生長空間狹小，植株徒長，根群盤繞，將延長栽培管理時間，並造成品質低下。

2.催　　芽

一般葉菜類可以不經催芽而直接播種。但鴨兒芹、芹菜、菠菜等，播種前應先將種子用紗布包好，置於活水中15～24小時，以除去抑制物質，之後放置於5℃下，經5～7天取出，置於25℃高溫下1～2天，再經3～5天冷藏方能使發芽整齊一致。而葉萵苣在10℃以下低溫發芽不整齊，播種後並須光照發芽才能一致。故育苗前應針對種子的發芽特性而給予不同的處理。播種時，每小塊海綿以放置2～3粒種子較恰當。

3.管　　理

一般葉菜類播種後，須加50%遮光網，避免溫度急劇變化。澆水時須特別小心，避免沖失種子，最好能採用頂間微霧噴灌。白菜、青梗白菜等播種後2～3天發芽即達一致，待苗1公分高時可將遮光網去除，使苗株健化，此時並可加1000～2000倍水耕營養液以加速生長，給液時將海綿掀起，由底部灌注，若經由上方噴灌，則海綿上易生青苔。

㈡移　植：

種子自播種至移植所需時間，因作物種類與季節而長短不同，約為7～15天。當根群3公分已達育苗盤底部時，即可移植於栽培床上，移植時將海綿撕開成條狀，再用鑷子將未完全切離之海綿撕下，一塊塊植入圓栽培孔中即可。如照片7。

㈢養液之調製與管理：

養液調製前，應先測定pH值，如pH值在7以上時，可加濃硫酸來調整，欲降低一個pH值，每噸水中須加入10～20cc　95%濃硫酸，pH值太低時，則添加氫氧化鈉。NFT系統之肥料調配，乃將含有可溶性鉀、磷酸氧化鎂、氧化錳……等成份的肥料設定為1號，而含有硝酸鈣的肥料設為2號，二種肥料分別放入原液桶中加水攪拌而成，原液桶中之肥料經一段時間，須注意添加。其它微量元素則每隔15～20天以2萬倍濃度直接加入養液槽中即可。除非有病害發生，養液槽中養液不必經常更換。養液出入口處須覆蓋黑色塑膠布遮光，以免藻類滋生，另平時須注意其是否堵塞。作物生育初期EC值一般設在1.2～1.5之間，後期則調至1.5～2.5之間，EC值高雖可加速生長，但對某些作物可能造成毒害。故水耕養液之調製與管理為水耕栽培成功與否的要件。本場所用養液及栽培作物施用濃度如表1及表2。

表1　台灣大學山地實驗農場所採用養液配方

	肥料成分	含量
1號肥料	氮素含量（TN）	10.0%
	氨態氮（NH_4—N）	1.5%
	硝酸態氮（NO_3—N）	7.5%
	燐酐（P_2O_5）	8.0%
	氧化鉀（K_2O）	23.0%
	氧化鎂（MgO）	5.0%
	氧化錳（MnO）	0.1%
	硼（B_2O_3）	0.1%
	鐵（複合）（Fe）	0.18%
2號肥料	硝酸態氮（NO_3—N）	11.0%
	石灰（CaO）	23.0%

表2　適用作物及使用方法

Table 2. Adaptable crop & application method.

適用作物	施用時期	稀釋倍數	EC	施用次數
日本芹菜	育苗期	1000-600	1.1-1.5	養液由
				EC控
台灣芹菜	收穫期	600-400	1.5-2.4	制器設
葉萵苣	育苗期	1000	1.1	定各類
白菜	定植期	1000-600	1.1-1.5	葉菜類
	收穫期	600-400	1.5-2.4	濃度

㈣病蟲害：

台灣大學附設山地實驗農場春陽分場海拔1200公尺，溫度低，昆蟲繁殖世代較少，為克服蟲害問題，網室四周皆以32目尼龍網圍起，網室內並加捕蟲燈捕捉少數昆蟲。有些作物如三葉芹、台灣芹菜等繖形花科蔬菜，本身具有特殊辛香味，昆蟲類較不喜歡，自然危害也少，故作物種類之選擇亦可做為減少農藥使用的手段之一。病害防治策略上，可在播種時拌入殺菌劑或以溫水浸種方式來消毒種子，但實際上由於葉菜類少有病害發生，此步驟常可省略不用。水耕栽培雖可減少病蟲害發生，但適當的使用農藥，以週全病蟲害之防治，確屬必要。若非不得已必須使用農藥時，最好選低毒，分解快的種類或蘇力菌等安全性高藥劑於生長初期噴施，並嚴格控制安全採收期，如此消費者才能吃到真正安心的蔬菜。

五、採收與包裝

產品採收與包裝是水耕蔬菜栽培中使用人工最多之處，採收時應保留根部海綿，一方面可繼續供應養分、水分，並可做為水耕之標誌，以與土耕蔬菜區別。水耕蔬菜拔起後去除多餘的根部與老葉，每250公克為一單位以小塑膠袋包裝，如照片8，再裝入專用塑膠籃筐，裝好後立即送冷藏庫，在低溫下至少須預冷四小時以上，再運輸出售，便可確保品質新鮮。一般葉菜類隨著季節溫度之高低，生長速度不同。一般而言，白菜1期18～25天，年產15～18期，每分地每期產量2400公斤，年產量約為36000公斤。葉萵苣1期25～30天，年產12～15期，每期2200公斤，年產量約為26400公斤。日本芹菜1期50～60天，年產6～7期，每期3360公斤，年產量約為20160公斤。以上三種蔬菜是本場經兩年試驗觀察後，目前採用之主要栽培種類，如照片9、10、11。就年產量而言，以小白菜最高，日本芹菜較低，但從管理的績效上看，日本芹菜可省去9～11期的移植、採收包裝工作，較為省工，2分地一位女作業員可從容負責，而白菜則須2位，其經濟分析如表3：

表 3 三種葉菜類每分地之經營成本與年收益分析

Table 3. The analyze of three different leave-vegetable of the manage cost & year income in per point zero ninty six ninty nine.

種類	工資	設施折舊	雜項支出	養液與電費	合計支出	預計收入	淨收入
白 菜	15,000元 × 14月 × 2人 420,000元	250,000元	200,000元	60,000元	930,000元	2,400 公斤 × 15 期 × 35 元 1,260,000元	330,000元
葉萵苣	15,000元 × 14月 × 1.6人 336,000元	250,000元	150,000元	60,000元	796,000元	2,200 公斤 × 13 期 × 35 元 1,001,000元	205,000元
日本芹菜	15,000元 × 14月 × 1人 210,000元	250,000元	120,000元	60,000元	640,000元	3,360 公斤 × 6 期 × 40 元 806,400 元	166,400元

註：1.本省夏季因受颱風影響，蔬菜價格不穩定，且常有偏高情形，本場冬季供應單價每公斤維持在28～32元之間，芹菜單價則稍高，故白菜、葉萵苣年平均單價均以35元計算，芹菜以40元計算。

2.養液栽培設施以8年平均分攤，折舊費每年25萬元。

3.雜項支出包括A.種子、B.包裝材料費、C.海綿、D.育苗盤、E.運費等

4.為提高網室的空間利用率，已在原栽培床下方，以台灣現有材料各加裝一層栽培床，期能增加收益，雖其栽培種類須經選擇試驗，但從經濟觀點而言，是頗值得考慮的。

討　論

沈再發（鳳山熱帶園藝試驗分所）問：

白菜缺鎂症狀，如何發生及如何解決？水耕之綠藻問題，綠藻雖吸收一些營養，可是綠藻同樣行光合作用而放出氧，而增加溶氧量，有無此有關資料或試驗可提供參考？所示幻燈片之草莓，其第一、二、三番果是否一致？

張國珍（台大山地農場）答：

本場作物缺鎂發生非養液問題，乃電工換裝馬達時，疏忽所致，因改換成上下層，而馬達加入回流管開關，致使下層水管脫落，而無法察覺，故2—3天加一次肥料，察覺後，每15—20天加微量元素至養液槽中，可恢復正常生長。至於藻類能否利用不甚清楚。草莓應針對溫度，也就是海拔問題如春陽分場，草莓在夏天生長良好，第一番到第三番果影響不大，但第四期果可能有影響，故要考慮品種特性，應利用長日照，低溫品系，如歐洲品系。

LEAF-VEGETABLE CROP PRODUCTION UNDER NUTRIENT FILM TECHNIQUE IN THE HIGHLAND-EXPERIMENTAL FARM OF NATIONAL TAIWAN UNIVERSITY

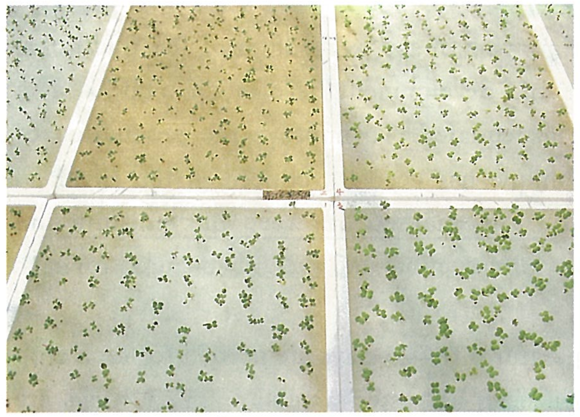
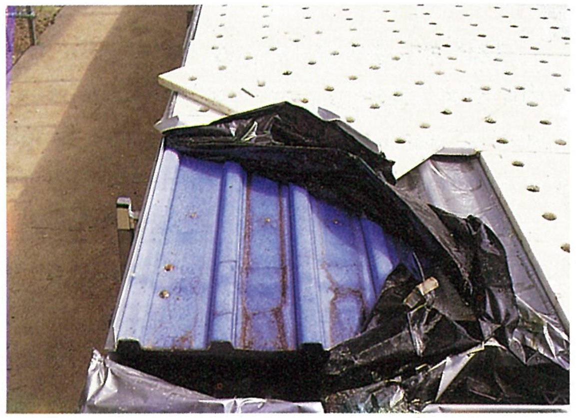
Mei-ling Lee, Kao-chen Chang and Yeou-der Kang

Assistant, Head (Chun Yang Branch Farm), Head of
Highland Experimental Farm of National Taiwan University.

ABTRACT

Due to a lot of limiting factor's for plant growing in soil as medium of the traditional cultivation method, the rate of plant growth and development have much retarded as a result of nutrients, oxygen and water supply inadequated. To improve the production of the leaf-vegetable crop, a Nutrient Film Technique has been introduced in the Highland Experimental Farm National Taiwan University. This method can keep the moisture and nutrients constantly to the root plant, thus the yield are more and the growing days for each crop are much shortened.

According to the seasonal change of temperature, 18—25 days are needed for each crop of the Chinese cabbage and 15—18 crops have been harvested annually; 25—30 days are required for each crop of leaf-luttuce and 12—15 crops have been harvested annually. For the celery production, 50—60 days are needed for each crop and there are only 6—7 crops cultivated in each year. Comparison to the soil culture, only 3—8 crops are harvested of these vegetabls crop under Taiwan weather conditions. It is one of the best way to utilize the farm-land to produce vegetables.

1	2
3	4
5	6
7	

照片說明：

1. 水耕塑膠布網室外觀
2. 水耕設施內景
3. 育苗盤與海綿
4. 栽培床組件，白色為保利龍板，黑色為PE塑膠布，藍色為鍍鋅鋁面板，左方為角架。
5. 出水口處與10道液溝
6. EC控制器右上方為捕蟲燈
7. 定植於栽培床的情形

8	9
10	11
12	13

8. 250公克的水耕蔬菜小包裝
9. 本場所栽培的水耕白菜
10. 本場所栽培的水耕葉萵苣
11. 本場所栽培的水耕芹菜
12. NFT式水耕葉菜類的雙層栽培
13. NFT式水耕葉菜類的雙層栽培紅色部分為養液流控制鈕

設施園藝研習會專集　172~191 (1989)

蔬菜設施栽培連作問題及病蟲害管理*

郭孚燿　吳世偉**
台中區農業改良場

摘　要

連作問題爲原本存於一般作物栽培方試中，設施園藝應用後，由於耕作制度之改變更易引起此一問題。其主要發生之機制可能爲土壤化學性、物理性劣變、生物相改變及自毒性所引起。據資料顯示主要成因有病害、線蟲、鹽類蓄積及營養失衡。本研究於連作後土壤經湛水、種植清淨作物，添加土壤改良劑、藥劑及太陽能消毒後，發現湛水可以降低土壤 EC 值，而種植清淨作物及添加土壤改良劑可以提高土壤有機質含量，消毒則可降低微生物族群。種植清淨作物顯著促進土壤微生物活動，施用不同有機質肥料可降低寄生性線蟲族群，但腐生性線蟲則增加，其中以幾丁質有機質最明顯，同時其在土壤中細菌及放線菌族群顯著增加，而真菌反而減少。施用穀殼則真菌及放線菌增加而細菌減少。在蟲害管理之探討中，發現以紫外線斷除型塑膠布為覆蓋材料，可減少菜心螟、黃條葉蚤、蚜蟲、番茄夜蛾、薊馬及蟎類之危害。在應用顏色誘引粘蟲板中，發現白色者對薊馬較有誘引效果，而其吊掛方式以離開地面50～100公分垂直吊掛最佳。

一、前　言

台灣地區自74年推廣設施園藝迄今已有多年，因此許多問題亦逐漸發生，諸如病蟲害及連作障害問題，都有待研究與探討。

人類為了經濟成長之關係，大力獎勵農業生產，由於新的技術及栽培制度之推廣，幾乎打破過去守舊傳統的耕作習慣。新的方式及新的環境形成強度的連作，因此就發生一些連作障害問題，連作障害之概念及成因是相當複雜。日本早期在德川時代，將同一作物或近緣種類在同一栽培地連續種植，雖經一般方法妥善管理，但仍發生生育、收穫量及品質劣化之情形，稱之忌地現象（Soil Sickness）。而連作障害（Replant Failure）是1950年代後期官方或研究人員開始使用的名稱。忌地與連作障害兩者之間是相當難區分的，鈴木將連作障害分成兩類，一則是原因明確且解決對策易建立者，如病蟲害所引起之連作障害稱之為「廣義的連作障害」及原因不明確者稱之為「狹義的連作障害」，後者則與忌地現象較為類似。因此忌地與連作障害則顯有程度上之區

* 本研究承蒙農委會78農建-7.1-糧-108（1）計畫經費補助
** 台中區農業改良場助理研究員、計畫約僱技術員

分。忌地一般涵蓋範圍較廣。因此連作障害和其他障害不同，其特徵是為(1)輪作之後障害即消失。(2)引起障害原因係土壤繼續種植之後仍將引起障害。[17]

一般而言連作障害之原因，大約可歸類為下列五點：①土壤養分的消耗②土壤反應的異常③土壤物理性的惡化④植物本身的有害物質⑤土壤生物的影響。[17,20,59,60]這些原因是經由多人歷年研究証實。如宗像氏等發表養分消耗、有害微生物、線蟲和有害物質的關係，德永氏發表病蟲害、施肥、土壤條件、毒素和自家中毒，石川氏等發表病蟲害、土壤條件和肥分流失、濃度障害、有機質不足、深耕不足等問題，鈴木氏發表土壤養分消耗、土壤反應異常、土壤物理性的惡化、毒素和土壤微生物之關係、同時亦有土壤微生物和毒素之專門著作。勝又氏（1978）[59]將蔬菜形成連作障害之原因列於圖 1。根據日本農林水產省在1968及1976年對全國農地連作障害實地調查結果如表 1 及表 2[20]。其中以病害原因所引起者比例急速增加，不明原因者減少。這除了與實際情形有關之外，當然與人類對於病害知識增加及有毒物質之發現有關。蔬菜由於耕作方式的改變使連作障害增加。如肥料施用過多，使鈣及鹽基過剩累積，使拮抗吸收發生阻礙，而造成微量要素缺乏情形；土壤中蓄積多量硫酸及硝酸離子而使土壤酸化；石灰質過度使用造成土壤鹼化；大型耕耘機使用造成土壤硬盤而發生土壤物理性劣變[17]。相馬（1985）[50,51]指出溫室蔬菜土壤較露地易發生①氮素（N），②鹽基（K、Mg、Ca）；③磷（P）之蓄積。這種養分過剩的蓄積所引起生理障害，生產阻礙為典型的溫室連作障害。氮的集積可能有四種方式影響蔬菜的生育、收量及品質的抑制及低下：①電導度值上升造成濃度障害。②氮過剩蓄積引起拮抗阻害。③氨本身離子所造成生育阻害。④氨及亞硝酸所造成氣體障害。氮過多會阻礙鈣（Ca）之吸收，

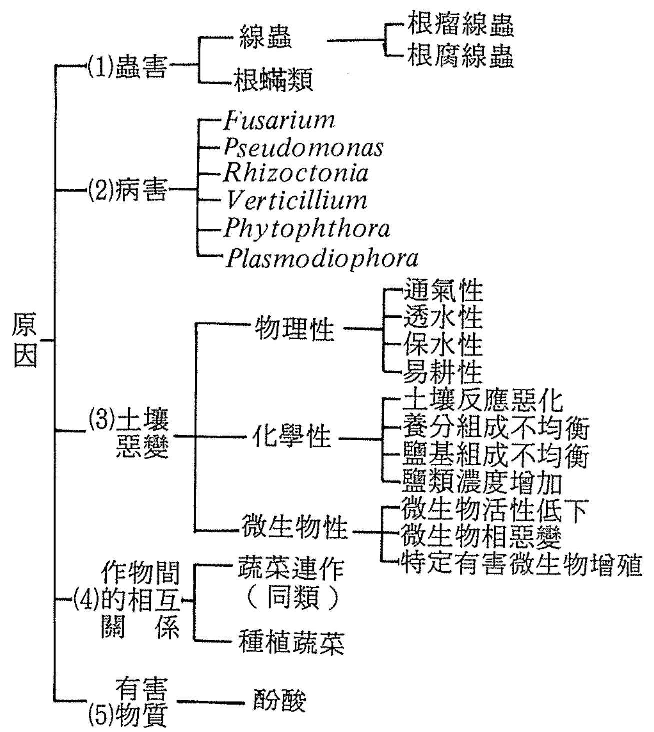


圖 1　蔬菜連作障害原因（勝又1978）
Fig. 1. The factors of replant failure on vegetables.

表 1　連作障害原因調查表（1968年調查）
Table 1. The factors of replant failure

A.不　明	18.4%	
B.線　蟲	15.9%	
C.病　害	34.9%	
D.要素欠缺	12.1%	
E.土壤酸性化	6.5%	
F.土壤物理性劣化	4.6%	
G.鹽類集積	4.8%	
H.其　他	2.7%	
計	99.9%	（521例）

摘自：農林水產技術會議事務局

表 2　蔬菜連作障害原因調查表（1976年調查）
Table 2. The factors of replant failure on vegetables

1.病害引起者	65.1%	6.土壤物理性不良	5.2%
土壤傳染性病害	57.1%	濕害	2.0%
空氣傳染性病害	7.9%	乾害	0.4%
2.病害間接引起者	6.3%	物理性不良	0.6%
3.蟲害引起者	6.3%	地力劣化	1.5%
4.生理障害	4.8%	其　他	0.7%
5.土壤化學性不良	8.9%	7.忌地現象	1.1%
要素缺乏	5.2%	8.不　明	2.4%
養分不均衡	0.6%		
鹽類集積	2.2%	計	100.1%
土壤酸化	0.9%		（541例）

摘自：農林水產省蔬菜試驗場

造成體內鈣缺乏之情形。鈣施用過多會使pH值上昇，而致使鐵（Fe）、硼（B）、錳（Mn）的不溶化，形成微量元素缺乏使收穫量及品質低下。鈣過剩之後隨著鹽基平衡破壞，形成拮抗阻礙鎂（Mg）的吸收受到抑制。碳酸鈣施用過多之後pH值上昇使置換性錳（Mn）濃度急激下降，而形成錳（Mn）的欠缺。鉀（K）過多拮抗阻害鎂及鈣的吸收。磷的集積會造成①鹽基的吸收發生抑制，造成生育抑制及生理障害，②鐵、鋅、錳形成難溶性鹽基，其吸收即受抑制，呈現缺乏現象，③氮的反應發生變化，④磷離子自體的毒害。由上述可知連作障害發生因素極多，且具複雜性，各原因之間亦存在著極密切之關係，具有相互拮抗干擾的影響，如圖 2 [17]。

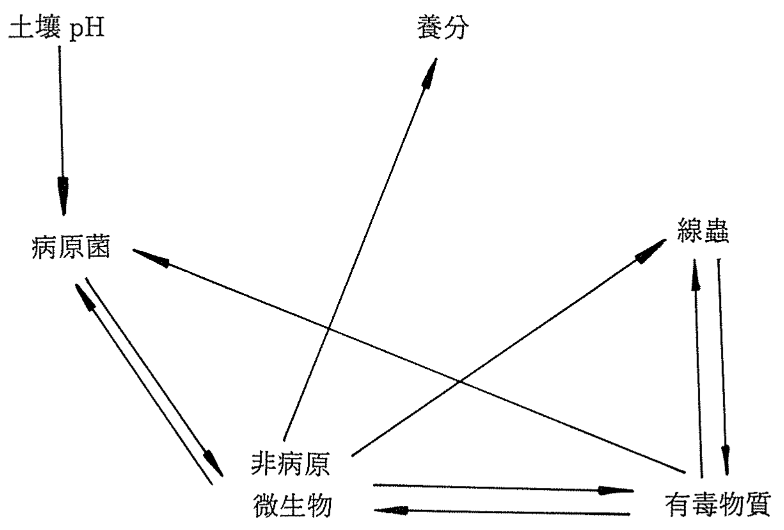


圖 2　連作障害各原因間之相互關係
Fig. 2. The relation among the factors of replant failure.

松尾[21]指出設施內由於高溫多濕及光線不足，植株生育衰弱是為病原菌繁殖的最好條件，因此溫室內被病害侵襲發生全面失敗之情形是常見的。除了雨水直接傳播之病害，或蚜蟲傳播之毒素病，如隔離做得完善較不易發生外，其他幾乎所有病害均能在溫室中發生。駒田[30,61]則指出土壤傳播性病害拌隨連作問題而有急速增加情形。森田及手塚[47]則指出土壤傳染性病原菌在養液栽培中仍然發生相當嚴重。草刈[48]則証實 *Pythium* 屬在水耕栽培中發生極為嚴重。病原菌介入溫室中的途徑大約可經由下列五種途徑：(1)種子傳染，(2)土壤及空氣傳染，(3)經由裝置、器具等傳染，(4)水的傳染及(5)經由人的手足及衣物傳染。

山口[8]指出設施園藝中害蟲種類並未較露地栽培多，同時露地栽培重要害蟲發生盛行期，由於設施栽培可錯開栽培時期而避免危害，且因設施之密閉性可減少侵入之機會。但某些種類的害蟲，因設施條件之環境適合，一旦侵入之後則可在短時間內大量為害。溫室內的害蟲以對環境適應性高的蟲發生較多，尤其以雜食性、繁殖快（一年中世代多者）及無休眠性者特別容易發生。設施中害蟲問題較病害顯為單純，但某些害蟲易產生抗藥性，如蟎類須特別注意。且設施中由於沒受到風雨直接淋洗，日照量不足，因此葯劑的流失少，分解也較慢，故殘留量較多，安全用葯上須特別注意[8]。因此許多人從事於應用天敵或其他物理防治方法（如誘殺或驅避之方法），來防治設施中之害蟲[9,14,16,25,27,28,54,55,56]。

二、內　　容

蔬菜連作連問題形成因素有許多種，但在栽培過程中多數是因複合因子影響所造成，筆者將栽培中發生連作障害的流程示於圖 3 。為了探討克服連作障害之方法，就本場已連續種植甜椒達兩年（四作）之栽培圃做以下之處理比較其處理間之差異性。主區處理1.對照區。2.種植綠肥（高粱）。3.利用透明塑膠布敷蓋及葯劑處理，進行太陽能及葯劑消毒。4.添加土壤改良劑（Agri-SC）。5.湛水7～10天。副區處理：1.施用幾丁質有機肥（CPM）。2.穀殼。3.碳化穀殼。4.對照不處理。

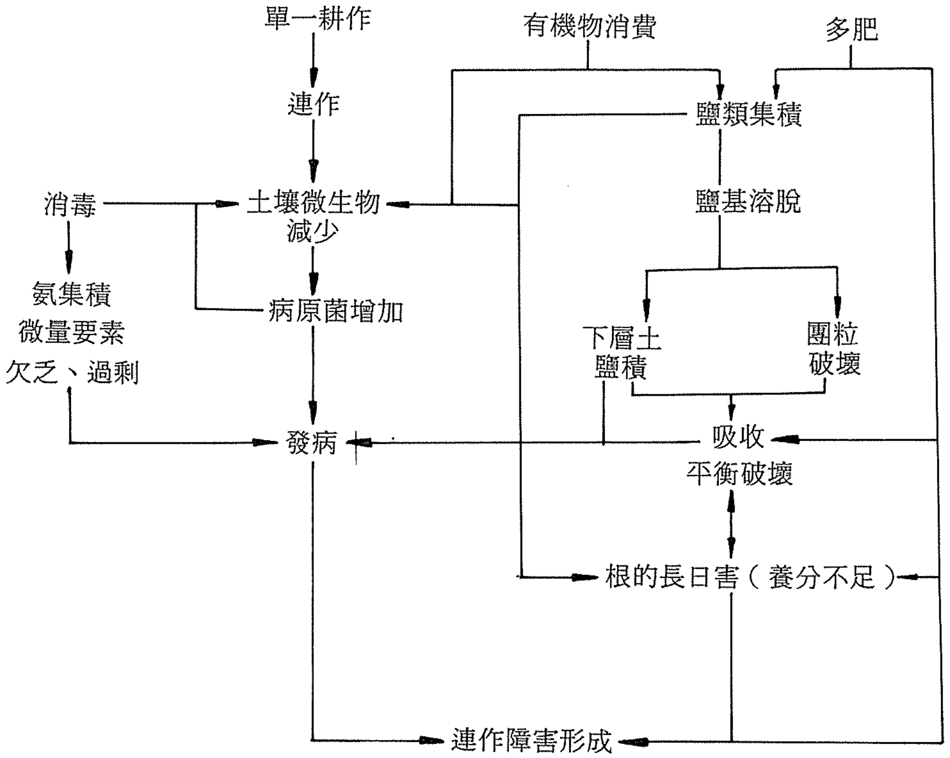


圖 3　連作障害形成途徑
Fig. 3. The process of replant failure.

表 3 為甜椒連作田不同土壤處理後肥力比較。各處理間以電導度（EC）及有機質含量（OM）差異最為明顯。電導度以湛水處理有明顯下降的情形，但其他各元素含量則無顯著差異。有機質含量以種植綠肥區3.01%及土壤改良劑處理3.15%有增加趨勢，而其他各處理間並無顯著差異。pH值各處理間差異不顯著，有效性鉀含量種植綠肥區及添加土壤改良劑略有增加，鈣（Ca）及鎂（Mg）含量差異並不明顯。河西（1986）[26]報告中指出土壤鹽類濃度（EC）經湛水陽熱處理之後約降低35%，硝酸態氮亦大量減少，石灰、苦土石灰水溶性置換性鹽積減少約25%。石川等（1985）[15]在番茄、胡瓜連作田種植前經 2 次湛水處理後 EC 值亦顯著下降，硝酸態氮也有減少情形，但均以表土減少較多，而下層土壤則累積較多，殘存於下層土壤中。在氣溫高蒸散量大時，則有再往上層土壤移行累積之疑慮。柳井報告中引述宗野對連作田灌水量處理時，証實灌水量增加作物可恢復正常生育。柳井在重複上述試驗中亦証實隨灌水量，灌水時間及溶脫次數增加，土壤 EC 值及 K、Ca、Mg、NO_3-N，NH_4-N 濃度均有相對降低情形。田中(1985)[21]在茄子連作田以燕麥做為清淨作物之後可降低土壤 EC 值、NO_3-N 及交換性鉀濃度。中嶋[12,13]以甜玉米做為清淨作物其效果與水稻及灌水處理同樣能降低土壤 EC 值及鹽類濃度。鈴木（1977）[45,46]報告中指出各類土壤改良劑施用之後可以改善土壤之物理、化學性質。本試驗之結果與前述前人研究中有類似之結果，即湛水及種植高粱對土壤 EC 值有降低之效果。而土壤改良劑 Agri-X 因本身為類似腐植酸之物質，故有機質含量有增加情形，種植高粱做為綠肥之後土壤有機質亦顯著增加。

表 3　甜椒連作田不同土壤處理土壤肥力比較
Table 3. Comparsion of soil fertility of different treatments on sweet pepper continuous field

處理	pH（H_2O）	EC mmho	OM %	K ppm	Ca ppm	Mg ppm
處 理 前	7.8	3.0	2.6	119.7	6197.4	341.8
對　照	7.8	2.2	2.53	121.1	4703.3	374.5
綠　肥	8.0	1.9	3.01	164.0	4046.4	406.8
消　毒	7.8	2.3	2.40	115.3	3978.3	347.4
Agri-Sc	7.9	2.1	3.15	144.4	4220.6	420.4
湛　水	8.0	1.2	2.49	106.8	3838.1	342.7

表 4 為各種不同土壤處理之後土壤微生物變異情形。種植綠肥高粱區中線蟲含量有顯著增加，尤以腐生性線蟲繁殖激增，真菌數則減少，但細菌及放線菌量則增加。太陽能及葯劑消毒區以線蟲殘存數有顯著減少，真菌及放線菌量亦減少，但細菌數則無明顯差異。添加土壤改良劑區，以寄生性線蟲及真菌數有顯著減少，但腐生性線蟲、細菌及放線菌則有增加，。湛水處理區寄生性線蟲及真菌數有顯著減少，而細菌及放線菌則有增加。田中（1985）[21]以燕麥做為清淨作物克服茄子連作問題時，發現種植燕麥後可減少半身萎凋病的病原菌核在土壤中之殘存，湛水亦有相同的效果，而以湛水後再種植燕麥效果更顯著。但對青枯病之細菌數以湛水處理並無效果，反而有增加情形，但湛水後種植燕麥則有減少而降低罹病率。湛水處理有降低線蟲密度之效果，而種植燕麥則腐生性線蟲增加，寄生性線蟲減少，且種植燕麥後放線菌增加極速，細菌數亦有增加，湛水亦有相同的情形。河西（1986），家村（1985）Hartz　et,（1985）[26,49]應用湛水及太陽能處理土壤均能降低土壤中微生物族群，但各類微生物之死滅溫度及殘存型態並不一樣，故處理間差異極大，如配合葯劑消毒則效果更明顯。林勇（1978）[22,23]以熱水處理土壤時發現當溫度達48℃時即可降低線蟲之殘存而58～62℃使之完全死滅。小玉等（1976）[4]報告中則建議夏季利用

表 4　土壤處理前後土壤微生物數比較
Table 4. Comparsion of contant of micro organs on different soil treatment

處　理	線蟲數（100g土壤）		真　菌（lg土壤）	細　菌（lg土壤）	放 線 菌（lg土壤）
	寄生性	腐生性			
處 理 前	121.4	12.7	30.4×10^4	10.9×10^3	12.4×10^3
對　照	103.5	7.4	32.7×10^4	6.9×10^3	8.8×10^3
綠　肥	143.1	772.7	19.1×10^4	28.5×10^4	19.4×10^4
消　毒	0.0	10.7	2.8×10^4	14.0×10^3	9.1×10^3
Agri-Sc	59.6	31.3	6.8×10^4	7.7×10^5	6.0×10^4
湛　水	42.1	30.0	6.3×10^4	5.5×10^4	7.9×10^4

休閒期將溫室密閉可使室內溫度達45℃以上，甚至70～80℃來消毒可減少土壤病原菌之殘存。滝田（1985）[43]報告指出土壤可以氯化苦、PCNB等消毒，但某些病原菌證實會對之產生抗葯性。鈴木（1977）[45·46]報告中指出有機性土壤改良劑會改變土壤中之生物相。

表5為應用塑膠布敷蓋利用太陽能消毒對土壤溫度變化之影響。塑膠布敷蓋之後土壤表土，五公分深、十公分深之最高溫度分別為53.4℃、51.7℃、43.4℃，而對照組則分別為43.1℃、37.2℃、30.2℃，塑膠布敷蓋者分別較之高出10.3℃、14.5℃、13.2℃。最低溫則對照區為表土21.7℃，五公分深22.2℃，十公分深24.3℃，太陽能消毒區則各為26.4℃、27.3℃、28.1℃；分別高出4.7℃、5.1℃、3.8℃。太陽能消毒區其各不同深度土壤累積40℃以上溫度之時間分別為121.4hr，104.7hr、75.2hr，而對照組僅表土達10.7hr，而其他深度均未超過40℃，而45℃以上之累積時間，對照區僅表土3.4hr，而太陽能消毒區分別為表土23.1hr，五公分深19.8hr，十公分深9.2hr。而50℃以上之累積時間則太陽能消毒區表土達12.7hr，五公分深達14.2hr。而十公分深處未達50℃以上。對照區則完全未達50℃以上。從林勇、河西、小玉、家村等之報告中可知高溫是殺菌之最主要原因。[4·22·23·26·49]而一般耐熱性較差之病原菌在40℃～45℃長時間處理下均能致死。但有些耐熱性高者易形成休眠孢子，厚膜胞子或卵孢子而不易殺死，尤以恆溫狀況下更亦形成上述諸器官。如在變溫情形下則可於低溫期中誘使發芽，而發芽期間為其最脆弱之時期，易被高溫殺死。故利用太陽能消毒，其一日間溫度急劇變化具有良好的致死效果[2]。

表5　塑膠布敷蓋太陽能消毒對土壤溫度之變異

Table 5. Varation of soil temperature by solar energy sterilization with PVC film mulch

處理	土壤深度	最高溫度 ℃	最低溫度 ℃	40℃以上 時數	45℃以上 時數	50℃以上 時數
對照	表面	43.1	21.7	10.7	3.4	0
	5cm	37.2	22.2	0	0	0
	10cm	30.2	24.3	0	0	0
太陽能消毒塑膠布敷蓋	表面	53.4	26.4	121.4	23.1	12.7
	5cm	51.7	27.3	104.7	19.8	14.2
	10cm	43.4	28.1	75.2	9.2	0

調查時間：1988年9月27日～10月9日

表6為不同有機質施用後土壤微生物數比較。調查時間為甜椒種植後45天。施用幾丁質有機肥區中寄生性線蟲有顯著減少，而腐生性線蟲則相對增加，真菌數亦顯著減少，但細菌、放線菌則顯著增加。施用生穀殼區中寄生性線蟲減少，腐生性線蟲則增加，真菌、細菌及放線菌均有增加，但差異不大。施用碳化穀殼區同樣是寄生性線蟲減少，腐生性線蟲增加，而真菌、細菌、放線菌量則都有趨於增加情形。而對照區不施有機肥者，則寄生性線蟲、腐生性線蟲、真菌、細菌、放線菌殘存量均有增加，但與處理前差異不大。由表中可知有機質可促進微生物之活動，但對寄生性線蟲則有抑制作用，甚至可加以撲殺。如市售之幾丁質有機肥為蝦蟹殼磨粉製成，其可能添加其拮抗性細菌，可應用幾丁質迅速繁殖同時將寄生性線蟲加以撲殺[40]。由表中亦可知各種不同有機質其所含有之微生物相亦各自不同。

表6　不同有機質施用後土壤微生物數比較（種植後45天）

Table 6. Comparsion of soil micro organism after the application of different composts (after 45 days planted)

處理	線蟲數（100g土壤） 寄生性	腐生性	真菌（1g土壤）	細菌（1g土壤）	放線菌（1g土壤）
施用前	103.5	7.4	32.7×10^4	6.9×10^3	8.8×10^3
幾丁質	1.6	326.2	12.7×10^3	34.2×10^4	67.8×10^4
生穀殼	45.3	81.3	50.0×10^4	7.4×10^3	32.1×10^3
碳化穀殼	39.6	32.1	68.6×10^4	8.0×10^3	33.2×10^3
不處理	124.7	12.1	39.4×10^4	7.0×10^3	10.2×10^3

表7為消毒後土壤施用不同有機質肥料後土壤微生物相之變化。調查時間同為甜椒種植後45天。施用幾丁質有機肥後，腐生性線蟲劇增為476.7隻，但放線菌則劇增為80.9×10^4。此一結果與表六中呈一致性，但細菌數則未如未消毒土壤中之增加迅速。而其他施用穀殼，碳化穀殼及未施用有機肥者，除放線菌外，其他微生物均無顯著增加，細菌數在施用穀殼及碳化穀殼中反而略有減少。荒木等（1985）[36·37]報告中指出經消毒過後的土壤中，無論施用何種有機質，真菌的發展均較未消毒的土壤中慢，故菌數亦少，但在未施用有機質者中則發生甚多。細菌則在消毒後的土壤發生較迅速。而放線菌則以施用有機質肥料者含量較高。而所有微生物在含有機質的環境中較未含有機質者增加約20倍。都留（1978）[60]報告中指出添加幾丁質有機肥後，放線菌及細菌將較無添加者發生較多。清水等（1983）[41]　報告亦指出在施用牛糞及鋸木屑後，細菌及放線菌均較無施用者多，而放線菌在消毒後的土壤中發生亦較快，而豬糞及蝦殼施用後土壤中放線

表7　消毒後土壤施用不同有機肥土壤微生物比較（種植後45天）

Table 7. Comparsion of sterilizated soil micro organism after the application of different composts. (after 45 days planted)

處理	線蟲數（100g土壤） 寄生性	腐生性	真菌（1g土壤）	細菌（1g土壤）	放線菌（1g土壤）
施用前	0.0	10.7	2.8×10^4	14.0×10^3	9.1×10^3
幾丁質	0.0	476.7	9.8×10^4	19.0×10^3	80.9×10^4
生穀殼	0.2	17.1	6.1×10^4	9.3×10^3	13.3×10^4
碳化穀殼	0.0	19.4	5.3×10^4	8.1×10^3	16.7×10^4
不處理	0.7	19.9	3.2×10^4	14.7×10^3	10.7×10^4

菌、細菌均較施用牛糞者多，同時亦証實只對瓜類蔓割病有防治效果，可降低罹病率，但蒸氣消毒過的土壤中反而罹病率較高。孫工等（1988）[40]報告中指出施用幾丁質有機物的土壤中有某些特異高拮抗性的放線菌，對胡瓜蔓割病、蘿蔔黃萎病、菜豆根腐病及甘藍黃萎病有防治效果。小松等（1976）[5]指出豬糞長期施用後可增加土壤淨菌作用。洪（1977）[33,34,35]則自鋸木屑、樹皮等堆肥中分離出多種對病原菌具拮抗性之微生物可抑制病害之發生。綜合上述各前人研究結果與本試驗調查結果有近似之結論。

設施栽培中常見的土壤傳播性病害，其病原菌有真菌及細菌、線蟲及毒素等[24,30]。常見有下列幾屬*Phytophthora*屬—茄科疫病、葫蘆科疫病。*Rhizoctonia*屬—茄科、葫蘆科、十字花科、黎科、繖形花科苗立枯病及立枯病。*Pythium*屬—茄科根腐病、葫蘆科立枯病及根腐萎凋病、黎科立枯病。*Fusarium*屬—茄科萎凋病、葫蘆科蔓割病。*Mycosphaerella*屬—葫蘆科蔓枯病，*Sclerotinia*屬—繖形花科菌核病、菊科菌核病，以上為真菌性。*Pseudomonas*屬—茄科青枯病，十字花科細菌性斑點病*Erwinia*屬—茄科、葫蘆科、十字花科、菊科軟腐病。*Corynebacterium*屬—茄科瘡瘍病，為細菌性病原菌。*Melon necrotic spot virus*—葫蘆科壞疽毒素病為病毒感染。*Pratylenchus spp*—根腐線蟲，*Meloidogyne spp*—根瘤線蟲，*Globodera spp*—黃金線蟲等，均為設施中常見之土壤病害。而空氣傳播性病害則以*Sphaerotheca*—葫蘆科白粉病，*Erysiphe*—茄科白粉病，*Pseudoperonospora*—葫蘆科露菌病、*Plasmopara*—繖形花科露菌病等，均為典型的設施常見病害。其他尚有許多病害無法一一列舉。

山口[8]認為設施中較易發生之蟲害，以雜食性、繁殖快、又不具休眠性者較多。主要常見之種類有。

㈠鱗翅類（Lepidopterous insects）
1.小菜蛾（*Plutella xylostella*（Linnaeus））
2.菜心螟（*Hellula undalis*（Fabricius））
3.斜紋夜盜（*Spodoptera litura*（Fabricius））
4.紋白蝶（*Pieris rapae crucivova Boisduval*）
5.擬尺蠖（*Trichoplusia ni* Hübner）

㈡鞘翅類（Coleopterous insects）
黃條葉蚤（*Phyllotreta striolata*（Fabricius））

㈢蚜蟲（Aphididae）
1.偽菜蚜（*Hyadaphis*（Lipaphis）*erysimi*（Kaltenbach））
2.菜蚜（*Brevicoryne brasssicae*（Linnaeus））
3.蚜蟲（*Brachycolus heraclei* Takahashi）
4.桃蚜（*Myzus persicae*（Sulzer））
5.棉蚜（*Aphis gossypii* Glover）

㈣薊馬（Thrips）
1.南黃薊馬（*Thrips palmi karny*）
2.溫室薊馬（*Heliothrips haemorrhoidalis Bouche*）

㈤潛蠅（Leaf miner）
菜潛蠅（*Chromatomyia horticola*（Goureau））

㈥蟎 類（Acarina）
1.二點葉蟎（*Tetranychus urticae*（Koch））
2.神澤葉蟎（*Tetranychus kanzawai* Kishida）
3.偽二點葉蟎（*Tetranychus truncatus* Ehare）
4.茶細蟎（*Polyphagotarsonemus latus*（Banks））

㈠粉蝨類（Aleyrodidae）
溫室粉蝨（白粉蝨）（*Trialeurodes vaporariorum*（Westwood））

本省原無記載，朱耀沂（1988）在埔里地區曾發現，本場在1986年也曾發現於溫室香瓜中，目前在茄科、草莓、瓜類中均曾發現。

溫室中由於較少雨水淋洗，光強度較弱，因此葯劑噴霧之後分解較慢、流失少故殘留性可能較久，值得我們去注意[8]，本場為避免葯劑之使用，試圖應用不同光選擇性覆蓋材料來探討其對蟲害防治之效果。在本研究中供試驗之塑膠布材料有：1.紫外線斷除型UV400。2.紅色增光型Red。3.藍色增光型Blue。4.可變光域Violet。5.一般PVC。

由圖4中可UV400的材質在390nm波長以下紫外線完全斷除，Violet則在390nm波長以下紫外線幾近完全斷除，而其他光域則減少20%左右。Red則在390nm以下至290nm透過約50%，而黃綠光域減少約30%，但紅色光域部分則顯較增加。Blue則在390nm～290nm亦僅透過50%，但藍、靛光域略顯增加，其他光域則減少，而一般PVC則從290nm以上光域完全透過。

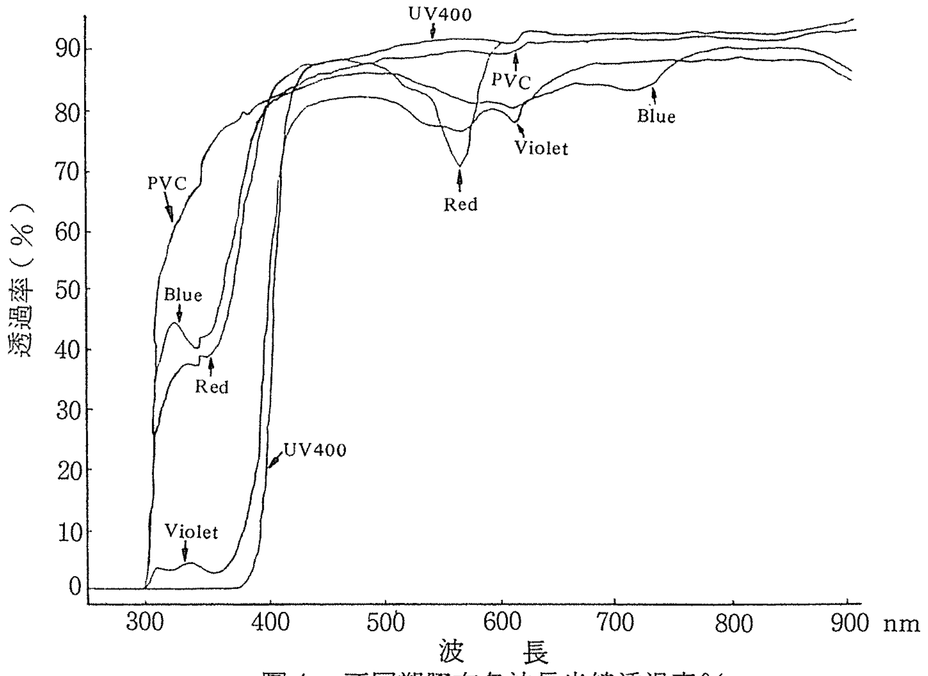


圖4 不同塑膠布各波長光線透過率%

Fig. 4. The penetration percentage of various light on different PVC film.

表 8 為不同覆蓋材料下小白菜及芥藍蟲害發生情形。第一次調查1987年 9 月19日小白菜中菜心螟發生之蟲數UV400者為 6 隻，Violet為 3 隻均顯著較其他覆蓋材料下少，蚜蟲之蟲數UV400為 6 隻，Violet亦為 6 隻與其他處理呈顯著差異。小菜蛾及黃條葉蚤則各處理間並無顯著差異。第二次調查 9 月29日，菜心螟蟲數分別為UV400 8 隻，Red 15隻、Blue 10隻、Violet 10隻，一般PVC 21隻，呈顯著差異，以UV400中有較少但差異不顯著。蚜蟲則以UV400 33隻為最少與其他各處理間呈顯著差異。黃條葉蚤則以UV400 8隻及Violet 6隻最少與其他各處理間呈顯著差異。而芥藍菜中與白菜中有類似之結果，菜心螟仍以UV400發生較少，小菜蛾在第一次調查時以UV400及Violet最少與其他處理呈顯著差異，但第二次調查則無差異。蚜蟲兩次調查均無顯著差異。黃條葉蚤則在芥藍中發生極少。

表 8 不同被覆材料下葉菜類蟲害發生情形

Table 8. Occurrence of pests under different light quality PVC film on edible lrerbs (1987, 9/19 and 9/29)

日期	覆蓋處理	小白菜				芥藍			
		菜心螟**	小菜蛾	蚜蟲	黃條葉蚤	菜心螟	小菜蛾	蚜蟲	黃條葉蚤
9/19	UV400	6^{a*}	2^{a}	6^{a}	0^{a}	8^{a}	6^{a}	2^{a}	0^{a}
	Red	11^{b}	3^{a}	10^{b}	0^{a}	6^{a}	12^{b}	2^{a}	0^{a}
	Blue	13^{b}	2^{a}	10^{b}	0^{a}	13^{a}	12^{b}	2^{a}	0^{a}
	Violet	3^{a}	3^{a}	6^{a}	3^{a}	10^{a}	6^{a}	3^{a}	0^{a}
	PVC	13^{b}	6^{a}	13^{b}	2^{a}	17^{b}	16^{b}	2^{a}	0^{a}
9/29	UV400	8^{a}	3^{a}	33^{a}	8^{a}	5^{a}	10^{a}	16^{a}	0^{a}
	Red	15^{b}	6^{b}	48^{b}	12^{a}	14^{b}	11^{a}	18^{a}	0^{a}
	Blue	10^{b}	8^{a}	49^{b}	16^{a}	15^{b}	13^{a}	16^{a}	0^{a}
	Violet	10^{b}	6^{a}	43^{b}	6^{a}	10^{b}	10^{a}	16^{a}	1^{a}
	PVC	21^{c}	10^{a}	45^{b}	15^{a}	16^{b}	16^{a}	23^{a}	0^{a}

*直行中英文字母相同者表示未達5%顯著水準

* *調查20片葉子總蟲數

圖 5 為甜椒在不同覆蓋材料下，薊馬棲息蟲數及被害果率。由圖中可知一般PVC底下薊馬蟲數較多，且被害果數亦較多。由此可知應用紫外線斷除型塑膠布可控制薊馬之發生。

表 9 為不同覆蓋材料下甜椒害蟲發生情形，第一次或第二次調查均以UV400的處理蚜蟲發生較少呈極顯著差異。而番茄夜蛾UV400底下無論第一次或第二次調查均未發現，而PVC則分別為58隻及83隻。茶細蟎目前在台灣危害甜椒相當嚴重，因其蟲體極小很難計數蟲口數，採調查被害植株及芽數為主。結果顯示紫外線斷除型塑膠布可減少番茄夜蛾及茶細蟎之蟲口數使危害減少。

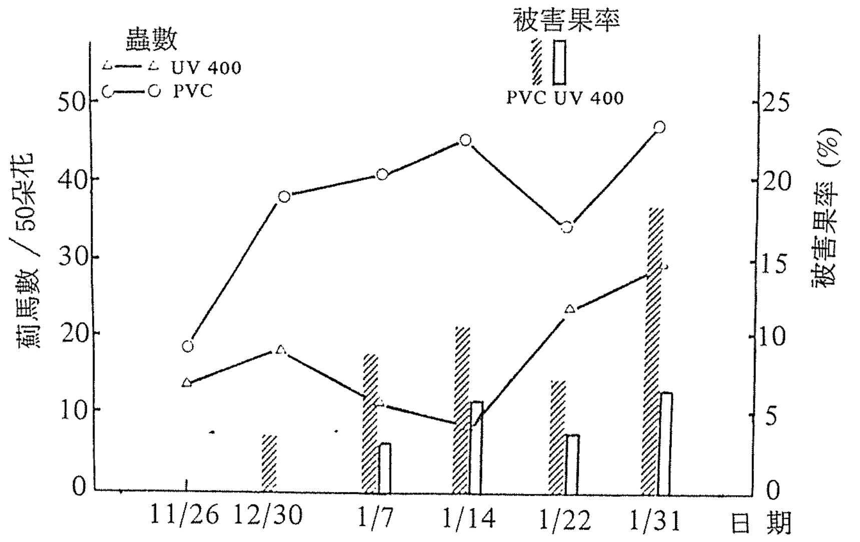


圖 5 不同被覆材料下甜椒薊馬蟲數及被害果率比較

Fig. 5. Comparison of the number of thrips and the percentage of injured fruit different light quality PVC film on sweet pepper.

表 9 不同被覆材料下甜椒蟲害發生情形

Table 9. Occurrence of pests under different light quality film on sweet pepper

日期	處理	蚜蟲 蟲數 (no.)	蚜蟲 被害株率 (%)	番茄夜蛾 蟲數 (no.)	茶細蟎 被害株率 (%)	茶細蟎 被害芽數 (no.)
11月 2 日	UV 400	0**	0**	0**	16.7**	14.3**
	PVC	477.5	36.7	58	77.9	96.7
11月 9 日	UV 400	72.1**	4.2**	0**	32.1**	27.7**
	PVC	308.3	39.4	83	98.8	122.0

** 達1%顯著水準

表 10 為不同顏色粘蟲板對南黃薊馬誘補蟲數，各處理中以白色的誘補蟲數較多且差異顯著可見，昆蟲對顏色有偏好性。

表 11 為白色粘蟲板掛置高度對南黃薊馬誘補蟲數之影響。掛置高度分別為地面，50公分、1公尺、3公尺。各處理間呈顯著差異，以掛置高度50公分到1公尺間誘補蟲數最多效果最佳。

表 12 為粘蟲板不同掛置方式對南黃薊馬誘補蟲數之比較，平放者與垂直吊掛之處理間差異極顯著，以垂直吊掛方式誘補蟲數最多。

中沢邦男（1972）[9]之實驗中証實蚜蟲有偏好黃色及忌避白色的習性。Kring指出一般有翅蚜蟲在黑暗情形下會向紫外燈下集中，其次是為藍色燈光。山田（1980）[7]在被覆資材的特色和利用一文中亦指出紫外線斷除塑膠布底下可抑制灰黴病孢子產生及抑制菌核病子囊盤開盤，減少病害之發生，同時亦有減少甜椒害蟲之效果[18]。桂（1985）[28]報告中亦証實紫外線影響某些微生物之生育繁殖，在紫外線斷除塑膠布下胡瓜灰黴病減少，而蜜蜂之飛行行為在無紫外線情形

下會受到干擾，失去歸巢性致而死亡。野中及永井[54,55]報告中証實在沒有紫外線情形下甜椒南黃薊馬危害會減少，侵入蟲數亦較少。二點葉蟎及其他蟎類在無紫外線情形下殘存數較少且發生較緩慢，蚜蟲類亦減少。

表 10 粘蟲板顏色對南黃薊馬誘捕蟲數（隻）
Table 10. The numbers of *Thrips palmi* on different color sticky traps

粘蟲板顏色	放置後3天	放置後7天
黃　色	1.25^{b} *	31.00^{a}
紅　色	0^{c}	1.00^{b}
白　色	4.50^{a}	36.75^{a}
藍　色	0^{c}	2.75^{b}

* 行中英文字母相同者表未達5%顯著水準

表 11 白色粘蟲板高度對南黃薊馬之捕獲蟲數（隻）
Table 11. The numbers of *Thrips palmi* on white sticky trap at different height

粘蟲板高度	放置後3天	放置後7天
地　面	17.30^{c} *	36.70^{b}
50cm高	45.33^{a}	82.30^{a}
1 M 高	30.30^{b}	73.00^{a}
2 M 高	17.00^{c}	43.70^{b}
3 M 高	18.70^{c}	42.30^{b}

* 行中英文字母相同者表未達5%顯著水準

表 12 白色粘蟲板不同放置方式對南黃薊馬誘引效果
Table 12. Attraction effect of white sticky trap to the *Thrips palmi* at different placements

（薊馬數）

放置方式	放置後3天	放置後7天
平　放	89^{b} *	110.31^{b}
垂直吊掛	497.4^{a}	585.0^{a}

* 行中英文字母相同者表未達5%顯著水準

三、結　　語

台灣的自然氣候環境，夏季高溫多濕，一年中的梅雨及豪雨期長，冬季則常有寒流來襲，因此在作物栽培上環境極不穩定，發展設施園藝可以克服此類之問題。但設施應用後也常衍生許多問題，諸如耕作習慣改變後產生之連作問題及病蟲害的孳生。[8,19,20,42,57,59]

連作問題之發生根據前文所述主要是因耕作方式改變，引起土壤之物理、化學性質及生物相的改變所造成[17,20,59]。因此基本上欲克服連作問題必需從改善耕作制度著手，如採用輪作使土壤生物相維持平衡[6,14]；對土壤合理的管理，如有機質肥料的補充、施肥的合理化，使土壤的物理、化學性質加以改善並促使其生物相達成平衡。筆者將其連作障害減輕之方法圖解如圖 6。

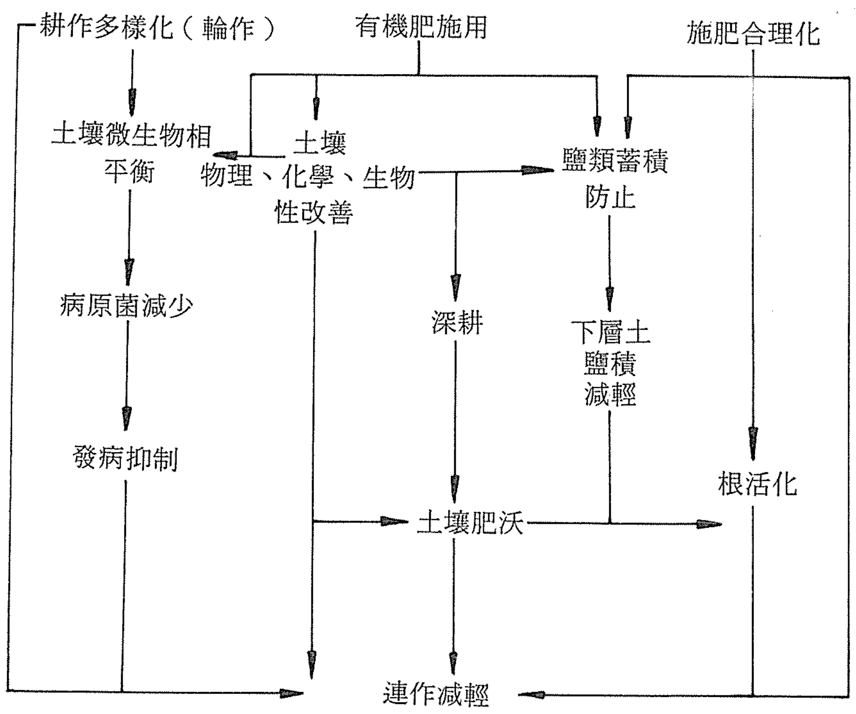


圖 6 連作障害減輕之途徑
Fig. 6. The process of reducation on replant failure.

土壤鹽類蓄積可借由湛水[15]，施用有機質或土壤改良劑加以改善，基本上則是須建立各類土壤中適當的鹽類組成[1,3,36,52]，如土壤已過營養則可以減肥或種植清淨作物之方式來減少其肥分[53,58]。

設施中病害介入之途徑可經由(1)種苗傳染：由帶菌之種子或苗株直接帶入，雖其污染率較低，但如未注意防患極易形成全面性的污染源。(2)由土壤及空氣中傳染：土壤及空氣中存在之病原菌是最大之污染源，而這些傳染原幾乎無法完全隔絕。(3)灌溉水的傳染：多數病原菌均是藉其游走孢子在水中傳播，如多數之土壤病原，*Pythium* spp，*Fusarium* spp……等，此類同時亦極易在水耕栽培營養液中污染。(4)設施裝置、操作器具傳染：如植缽、整枝剪、栽培床等都會有病

原的附著而形成污染。(5)人的手足、操作人的不良衛生習慣、極易形成污染的媒介。而病害之防除方法亦須針對這些污染原加以消除。其防除方法有：

(1)種子、種苗消毒：

可以化學方法如葯劑處理或物理方法如溫湯53℃～55℃處理20～30分鐘可減少毒素病、疫病及立枯病之污染，或以熱乾風70～73℃間處理3～4日亦有同樣之效果[29·47]。

(2)栽培介質或土壤的消毒：

其消毒方法可用蒸氣或葯劑消毒。但此一方法具極大之缺點，因其對土壤微生物無選擇性，將之全部殺死造成生物相之真空狀態，再污染時病害發生極迅速。且一般消毒僅在表層20～30公分。深層病原菌仍然存在，一樣會造成感染。而經常消毒之後土壤活性降低造成地力衰退而形成死土。

(3)耕種及生態的防除方法：

如①耐病及抗病性品種之應用。②接木栽培。③適當的肥料管理，施肥不當會造成植體營養失衡，根活性降低，易受病害感染。同時肥料種類亦會影響土壤病原菌之發展。如施用NH_4-N則*Fusarium* spp.,*Rhizoctonia* spp.，*Aphanomyies* spp.較易發生；而施用NO_3-N 則促進*Pythium* spp.,*Streptomyces* spp., *Diplodia* spp.及Nematoda之感染。④適當的水分管理，土壤含水量過高除易造成植物根部發育不良致植株衰弱外另外如*Pythium* spp，*Fusarium* spp., *Erwinia* spp.，*Pseudomona* spp等活性亦會增強致使感染機會增加。[24·26·44]空氣中濕度過高除易使植株徒長衰弱外亦將增加白粉病、露菌病、灰黴病之發生。[10]⑤輪作可減少病原菌殘存之機會。[6·14]⑥土壤物化性之改善，施用土壤改良劑或有機質可使土壤物化性改善促進生物相平衡及根部活性增加[1·36·37·40]。⑦土壤淨菌作用之增強及抑制病原菌，多數的有機質肥料中均已被證實存在拮抗性微生物可抑制病原菌。同時亦有多數研究者從事於拮抗菌之分離培養以供做生物防治[32·33·34·38·39]。但拮抗菌大都具有專屬性且有其特殊之生存環境[38·39]，如細菌在乾燥酸性土壤中對Fusarium不產生抑制作用，而在濕潤、鹼性中對Pythium無防治效果。放線菌一般以產生蛋白質、纖維、幾丁質分解酵素破壞*Fusarium* spp及*Rhizoctnia solani*，但其抗生能力差。絲狀菌大都屬於腐生菌類對有機質利用力強、抗旱力也強。一般以產生抗生物質以競爭或寄生式產生拮抗力。

(4)管理者及環境的衛生：

管理者不重視衛生將形成病原的媒介。殘株或雜草等將增加病原殘存寄生的機會。

害蟲侵入設施中之途徑顯得較為單純。一般是經由携入如種苗、器具、介質、人等之傳入，及昆蟲本身移行或借氣流飄入等。如做好消毒、隔離的工作即易於控制。其防治之方法有：

(1)葯劑防治：

葯劑防治法是最經濟且效果表現較快者。但設施中由於環境條件的改變，使作物對於化學葯劑的反應較為敏感，故極易產生葯害，故在葯劑選擇上宜加謹慎。另外設施中因較少雨水淋洗，葯劑流失少、分解緩慢故其殘留期可能延長須特別加以注意[8]。一般葯劑之型態大致可分為葉面噴施（foliar sprays），粒劑（granules），燻蒸（fumigators），霧劑（fogs），氣體（vapors）及氣懸體（aerosols）等六大類。一般最佳方法是在設施中作物完全收穫後，將整個設施空間加以密閉，利用燻蒸或高溫方式消毒，可避免害蟲殘存。

(2)生物防治：

國外利用天敵防治設施害蟲已有許多成功的例子[16·25·27]。生物防治較易在設施中應用，因設施環境獨立、隔離易於人為控制，而天敵亦較少受天候影響。害蟲常因葯劑使用頻繁而產生抗葯性如小菜蛾，但對天敵並無法因淘汰而產生抗性。但天敵的篩選及培育是為較困難者。另外性費洛蒙誘殺亦為生物防治成功的例子，但設施中之應用似宜加考慮，因性費洛蒙如置於設施內似有誘引外界昆蟲侵入增加密度之慮。

(3)物理防治方法：

可於作物收穫後將溫室密閉，利用高溫或燻蒸方式殺死殘存之害蟲[4]，或利用驅避之方式，如紫外線斷除型塑膠布之應用或反光塑膠布畦面敷蓋，減少害蟲之侵入。再則可利用昆蟲對顏色之判斷力，用色板加以粘著誘殺。

四、誌　謝

本研究中承蒙中興大學蔡東纂先生協助土壤微生物分析及本場劉達修先生、黃金助先生協助害蟲鑑別及調查，特此致謝。

參考文獻

1. ハ槇敦、勝木田博人、篠原茂幸　1987　雞ふるん多量施用土壌における土壌養分の動態とホウレンソウの生育　千葉農試研報28：51～59。
2. 小林義明　1985　いまが適期一太陽熱利用の土壌消毒法そ是の上手なヤリ方　農業技術研究39（7）：32～33
3. 小田雅行、鈴木則夫、鈴木義彥、志村清　1985　有機物施用による施設野菜の鹽類高濃度障害對策　野菜試驗場報告A（13）：21～32
4. 小玉孝司、宮本重信、宮川逸平、志賀陽一　1976　夏季の溫室密閉による土壌消毒法　農業おすび園藝51（7）：889～894
5. 小松銳太郎、友部弘道、松田明、石川昌男　1976　野菜栽培における豚ふんの積極的利用（2）　農業および園藝51（9）：1131～1133
6. 川井之一　1977　連作障害對策と合理的輪作技術の再評價　農業および園藝52（7）：843～846
7. 山田英一　1980　被覆資材の特色と利用法　野菜園藝技術7（13）5～12
8. 山口福男　1972　病害蟲の防除一害蟲　施設園藝の基礎技術p.360～390　誠文堂新光社
9. 中沢邦男　1984　光と昆蟲とくにアブラムシの色彩反應　光と植物生育p.169～172　養賢堂
10. 木村進、岩崎正男、戸田幹彥　1977　施設栽培キエウソの夜間除濕による病害抑制　農業および園藝52（11）：1395～1398
11. 井本征史　1976　透明ポリ被覆によるピ-マンのモザイク病防除　農業および園藝51（11）：1373～1376

12. 中嶋靖之、田中寛　1986　野菜作におけるクリーニング作物の種類と導入效果　農業および園藝61(7)：869～874
13. 中嶋靖之、室圖正敏、川口俊春、許斐健治、松井正德　1984　施設土壤に對するクリーニング作物效果　福岡農總試報B(3)：71～76
14. 內海修一　1983　輪作體系　栽培技術と輪作p：289～299博友社
15. 石川格司、中村毅　1985　ハウス土壤における集積鹽除去のための湛水效果　農業および園藝60(1)：49～52
16. 矢野貞彥　1983　天敵の利用一チリカブリダニ　野菜病害蟲防除に關するシンポヅウム講演要旨pp：9～17　日本植物防疫協會
17. 平野曉　1980　作物の連作障害　農山漁村文化協會
18. 本田雄一　1984　光に對する系狀菌の孢子形成反應　光と植物生育p：169～172　養賢堂
19. 成田保三郎　1983　連作障害の對策にっぅて　日本土壤肥料學雜誌54(2)：170～179
20. 西尾道德　1983　連作障害の發生について　日本土壤肥料學雜誌54(1)：64～73
21. 田中寬　1985　ヒエ栽培を導入レたナスの連作障害對策　農業技術研究39(6)：40～43
22. 林勇　1978　設施園藝における溫湯土壤消毒法の開發試驗(第1報)　農業および園藝53(8)：1051～1052
23. 林勇　1978　設施園藝における溫湯土壤消毒法の開發試驗(第2報)　農業および園藝53(9)：1167～1168
24. 村田明夫　1987　施設栽培トマトの病害　農業および園藝62(5)：627～630
25. 池田二三高　1983　天敵の利用一エンカルシヤ　野菜病害蟲防除に關するシンポジウム講演要旨pp.18～22　日本植物防疫協會
26. 河西孝司　1986　トマト栽培における湛水陽熱處理の效果　農業技術研究40(11)：20～23
27. 河合章　1983　ミナミキイロアザミウマの防除技術　農業および園藝51(11)：1373～1376
28. 桂直樹　1985　施設栽培における新實用化技術(10)一光質選擇フイルムの開發實用化　農業および園藝60(5)：711～716
29. 長井雄治　1985　野菜種子の乾熱消毒　野菜の最新栽培技術(下)pp：104～107　今月の農葯29(4)增刊號
30. 松田明　1983　野菜の土壤病害　農文協
31. 松尾綾男　1972　病害蟲の防除一病害　設施園藝の基礎技術p：360～390　誠文堂、新光社
32. 洪春洋、小堀英和、赤井重恭　(1976)　土壤病害の微生物的防除に關する研究第1報白絹病菌(*Corticium rolfsii*)の菌核に寄生する微生物とその著生條件　農業および園藝51(10)：1281～1282
33. 洪春祥　1977　土壤病害を輕減させるオガクズ(バ-ク)堆肥の有效利用(1)　農業および園藝52(10)：1272～1276
34. 重光春洋　1977　土壤病害さ輕減させるオガクズ(バーク)堆肥の有效利用(2)　農業および園藝52(11)：1389～1394

35. 重光春洋　1977　土壤病害を輕減させるオガクズ(バーク)堆肥の有效利用(3)　農業および園藝52(12)：1507～1512
36. 荒木浩一　1985　施設栽培における有機物施用　農業および園藝60(3)：413～417
37. 荒木浩一、伊藤秀文、岩崎清、金森哲夫、安田琨、野野山芳夫　1985　施設トマトの連作ほ場に對するおがくすバ-ク及びビ-トモス連用の影響　野菜試驗報告A(13)：93～108
38. 渡邊直道　1987　土壤病害防除への拮抗微生物の利用(1)　農業および園藝62(1)：37～43
39. 渡邊直道　1987　土壤病害防除への拮抗微生物の利用(2)　農業および園藝62(2)：309～313
40. 孫工彌壽雄、野村良邦　1988　キチン質有機物の土壤施用によるキャベッ萎黃病の防除效果と拮抗微生物による效果發現機構　農業および園藝63(7)：867～872
41. 清水寬二、駒田旦　1983　ウリ類のつる割に對するおがくず牛糞堆肥の施用效果　農業および園藝58(3)：443～447
42. 高橋和彥　1985　施設野菜土壤をみる農業技術研究39(7)：26～28
43. 滝田健　1985　富士地區におけるキャベツの連作障害對策にっいて　農業技術研究39(9)：48～50
44. 鈴木則夫　1985　トマト栽培土壤　農業技術研究39(1)：37～39
45. 鈴木達彥　1977　土壤改艮劑の種類とその投入效果(1)　農業および園藝52(9)：1141～1145
46. 鈴木達彥　1977　土壤改艮劑の種類とその投入效果(2)　農業および園藝52(10)：1247～1250
47. 森田儔、手塚信夫　1986　養液栽培における病害と對策　農業および園藝61(1)：229～235
48. 草刈真二、田中寛、山田貴義　1978　水耕施設發生する*Pythium*屬菌によるろミツバの立枯病　農業および園藝53(8)：93～94
49. 家村浩海　1986　太陽熱利用による露地野菜の土壤病害防除技術　農業技術41(12)：529～532
50. 相馬曉　1985　ハウス野菜の連作障害の實態と對策(1)　農業および園藝60(10)：1287～1290
51. 相馬曉　1985　ハウス野菜の連作障害の實態と對策(2)　農業および園藝60(11)：1415～1420
52. 後俊孝、原田昭彥　1986　野菜畑における適正鹽基含量とその診斷基準　農業および園藝61(10)：1211～1216
53. 細谷毅、鄙井優、松本英夫、加藤英男　1982　キユウリ施設栽培におけるリン酸およびカリ多土壤での減肥事例　農業および園藝57(5)：683～687
54. 野中耕次、永井清文　1985　紫外線除去フイルム利用による害蟲防除　農業および園藝60(2)：323～326

55. 野中耕次 1983 視覺反應の利用一紫外線除去フイルム 野菜病害蟲防除に關するシンポジウム講演要旨pp.23～36
56. 鈴木寛 1983 視覺反應の利用一有色粘著トラップ 野菜病害蟲防除に關講するシンポヅウム演要旨pp.37～43
57. 湯村義男 1976 野菜園地土壞の現狀と問題點 農業および園藝51(8)：975～981
58. 須田雄悅、淡路頁一 1978 洪積台地における夏秋キユウリに對する青刈ライ麥鋤込效果 農業および園藝53(8)：1029～1032
59. 勝又廣太郎 1978 野菜の連作障害 農業および園藝53(10)：1203～1209
60. 都留信也 1978 連作障害の生態的特性とその研究的アプロ-チ 農業および園藝53(11)：1333～1336
61. 駒田旦 1977 野菜の土壞傳染性病害の防除對策 農業および園藝52(12)：1453～1458

討　論

鄔錫正（桃園縣政府）問：

不同的遮光或光源對作物有無影響？

郭孚燿（台中區農業改良場）答：

這是有影響的，我們知道光是作物生長重要的因子，包括光強度、光質、光週期，都會影響作物的生理，如光合作用、開花及色素（*pigment*）等。如本人在應用 *UV-cut* 的塑膠布覆蓋巨峯葡萄時，果實並不著色因芯青素（anthocyanin）在無紫外綫時沒辦法形成，故在觀賞植物上可用不同光質來控制葉色表現。而目前亦可研究証實不同光強度會影響蔬菜葉植物體中、硝酸塩、亞硝酸塩及維他命C之含量。

羅朝村（台灣省農業試驗所）問：

簡易設施栽培與露天栽培皆必須花費人力來管理，根據你的報告，似乎相差不大，尤其病蟲害之發生，那麽以栽培者的立場，有無必要再花費金錢去作簡易設施？

郭孚燿（台中區農業改良場）答：

國內發展設施園藝是有其自然環境條件背景因素，如防雨、保溫可逃避天然災害或產期調節及提高而設施園藝的定義即控制氣象及介質條件之園藝生產。你這種想法是受到清潔蔬菜錯誤觀念的誤導。病原菌與昆虫亦是生物，更亦有適合生存、發展的環境條件，故設施設備之設計，亦應加以考量，以減少其發生之機會。要知設施園藝並不以防治病虫害為主導。

陳榮五（台東區農業改良場）補充：

個人認為簡易設施其成本低，目前國人在夏季吃到的西瓜、洋香瓜及一部份之蔬菜，乃簡易設施所生產，此外尚有調節產期及繁殖種苗的功能，因此簡易設施在台灣應可值得推廣。

THE PRODLEM OF CROP SUCCESSION AND MANAGEMENT OF DISEASE AND PEST ON THE VEGETABLE FACILITY CULTURE*

Fu-yao Kuo and Shih-wei Wu

Assistant Horticulturist and Research Assistant
Taichung District Agricultural Improvement Station

ABSTRACT

The problem of crop succession has existed as a common case in the crop culture. After the application of facilities, this problem has easily found being due to the change of cropping system. The mechanism of this occurrance may be caused from the deterioration of soil chemical, physical properties, the change of biophase, and allelopathy. The references showed that the main causes of the problem were diseases, nematodes, salt accumulation, and nutrition unbalance. In this study, the soil after successive cropping was treated with different ways, including flooding, planting a clean crop, soil conditioner addition, chemical and solar energy treatments. Result indicated that the flooding treatment could reduced the soil EC value, and planting a clean crop and soil conditioner addition could increase soil organic matter content, and sterilization treatment could reduced the soil micro organs. However, planting a clean crop increased micro organism activities. The application of different organic fertilizer reduced parasitic nematodes, while saprophytic nematodes increased, especially in the chitin-organic matter treatment. At same time, the population density of bacteria in soils increased and fungus decreased. After the application of rice hull, the fungus in soils increased, and the bacteria decreased. Using UV-cut film as cover material, the percentage of fruit injured by insect was decreased.

* This project was supported by a grant from Council of Agriculture, Executive Yuan

都市近郊設施蔬菜產銷體系之探討

廖芳心　張粲如　陳榮輝　王秀珠＊

桃園區農業改良場

摘　　要

北部地區雨季較長，近郊地區利用鍍鋅管搭架防雨設施栽培蔬菜，不但可減少雨害，保護蔬菜植株，且可減少病蟲害發生，以達穩定生產及提高產量與品質之雙重目標。

本試驗探討台北近郊平地及山坡地應用設施栽培蔬菜，比較設施內、外生育速率、產量及品質、不同季節栽培與週年輪作情形。結果設施內可輪作12—14次，且提高產量-4.3%～125%，每分地每期作可節省農藥費1800元，肥料費800元。山坡地設施栽培番茄可減少裂果率25.2%，產量增加11.5%，甜椒可提高單果重44.5%，產量增加60%，青花菜提高收獲率47.5%，產量增加300%，甘藍減少黑腐病76%，提高收獲率31.5%，甜豌豆增加產量105.2%。

推廣至新莊、蘆洲、三重、五股等地區共10公頃，配合精緻小包裝直銷超級市場，全年總售額114,110千元，扣除生產資材、運銷及管理費用，農民盈利69,600千元。

一、前　　言

台北近郊蔬菜主要生產區分成兩種型式，一為平地，包括新莊瓊林里、蘆洲樓厝村、板橋江子翠及浮洲里、士林福安里、富安里及三重等淡水河及大漢溪兩岸河川地，總面積約500公頃，以生產短期葉菜類為主。另一為山坡地，包括士林菁山里、平等里、北投湖田里、湖山里即一般通稱竹子湖及三芝北新莊等，海拔約300至800公尺，總面積約400公頃，在五月至十月間生產夏季蔬菜，主要包括甘藍、甜椒、番茄等。

北部地區氣候特性為冬季、春季經常霪雨綿綿，夏季常有豪雨，每年平均下雨日數為166.3天，降雨量為2,335公釐。蔬菜剛播種及發芽時極易受到雨害而影響發芽率，生育期間因雨水傷害而增加病蟲害發生及降低品質，尤其盛夏午後傾盆大雨，更使蔬菜無法收成。因此，產量及品質難以控制，造成供需失調，故發展設施園藝實為當務之急。

近年來由於生活水準日漸提高，消費者對蔬菜之要求，不但外觀改善，且要質地柔嫩，品質好，更要安全衛生，沒有農藥殘毒，利用設施生產蔬菜有助於達成此目標。所謂設施栽培即是利用各種資材，使作物在最適環境下生長，以增加產量及提高品質。換言之，即是透過保護的栽培，以達到穩定產銷及價格之雙重目標。

＊桃園區農業改良場助理研究員、副研究員、助理、計畫助理。

設施栽培由來已久，三十多年前，農民既已知道利用稻草或塑膠網來保護剛發芽的小菜苗。民國五十八年左右進而利用高架網室栽培蔬菜[1]，及夏天利用低架活動式塑膠網栽培蔬菜[2]，因為塑膠網可以減輕雨水直接打落的壓力，減少對蔬菜的傷害，此種設施其優點為成本低，但在梅雨期及長久下雨時，仍舊溼度太高，致使病蟲害多，且因地太濕無法耕作而造成供需失調。

近年來利用½吋或¾吋鍍鋅管，彎成骨架搭建高架型塑膠布網室，屋頂覆蓋0.15釐米厚之塑膠布，四周以16目或24目之塑膠網圍住。民國七十四年桃園區農業改良場開始進行栽培試驗，結果證實設施內之蔬菜外觀及品質均較設施外者良好[7]，本文介紹改良場對設施栽培試驗改良成果及農民實際利用生產及銷售情形。

二、平地應用設施栽培蔬菜

1.不同季節栽培葉菜與週年輪作之探討

在春、夏、秋、冬四季，分別栽培小白菜，青梗白菜、菠菜、芥藍、莧菜、空心菜、萵苣、茼蒿等主要葉菜類，並比較內外之產量及品質，結果如表1。一般而言，設施內產量較設施外者為佳，唯秋季期間，北部地區雨水較少，設施內者因光照及水份供應不足，而設施外者反而發育較好，致設施內產量較設施外為低，其餘季節因北部多雨，設施的防雨效果減少機械損傷而使生育良好。

葉菜類之產量和其他蔬菜不同，它可因採收大小，栽植密度而影響產量甚巨，其差幅可由每分地平均一千公斤至五千公斤，且葉菜類售價與品質、產期關係較為密切，故利用設施栽培蔬菜，除了產量提高外，最大之優點是外觀品質提高，如附圖所示。小白菜、莧菜等在設施內之品質均較設施外為佳，因為設施減少雨水機械性傷害而可使蔬菜品質柔嫩，且雨水不使土壤濺至菜葉，使得設施內之蔬菜較為乾淨，可減少採收後整理工，並可提高可售產量。又由表1所示，莧菜、空心菜等較適宜高溫季栽培之蔬菜，利用設施於冬季無法生產；菠菜、萵苣、茼蒿等較適宜冷涼季栽培之蔬菜，利用設施於夏季亦無法生產。根據調查塑膠布網室冬季溫度僅升高1～2℃[7]，故此種網室主要作用為防雨作用。

於北部蔬菜產區，農民實際以設施防雨栽培蔬菜，調查其週年輪作情形，如表2,3顯示，設施內可連續耕作，一年複種12-14次，設施外受天候影響，只能複種6-8次，且由於設施保護，有些蔬菜種植期尚可調節供應期。如菠菜，通常在九月始可正常生產，四月即結束供應，如利用設施可提早在八月生產，並可延長供應期至六月。莧菜亦復如此，原本是四月至九月生產，如在設施內栽培，則可延長為三月至十月生產，這種對蔬菜產期的調節，不但有助於農民收益之增加，並且使消費者能享用更多樣品味的蔬菜。

2.設施內，外生育速率及品質之比較

以芥藍為例，調查設施內外生育速率如圖1所示，設施內生長速率較設施外者為快，且達一定採收成熟度所需的日數亦較少，可由四十多天縮短至三十二天。莧菜在設施內夏季只需十七天即可收穫，小白菜只需二十四天至三十天，因為生育日數縮短，更可使設施內土地充分利用，提高複種次數，更因而提高農民收益。

設施內蔬菜因有良好的保護，減少空氣污染及雨害，不僅幼嫩且蟲孔少，故品質較設施外者為優異。比較設施內外黑芥藍葉片含臘量之差異，如表4所示，設施內者含臘0.225 $\mu g/cm^2$

表 1. 不同季節八種葉菜於設內外產量比較

Table. 1. Comparison of yield of eight leafy vegetable cultivated with and without pipehouse in four season.

菜　別 Vegetable	處理別 Treatment	十公畝產量（公斤） Yield (kg/1000m²) 夏　作 Summer	 秋　作 Autumn	 冬　作 Winter	 春　作 Spring
小白菜 Pe-tsai	設施內 Withpipehouse	1,220	2,900	3,800	4,140
	設施外 Without pipehouse	610	2,620	3,120	3,760
青梗白菜 Chin-ken Pe-tsai	設施內 W/ Pipehouse	1,800	2,200	2,700	4,600
	設施外 W/O Pipehouse	800	2,300	2,300	3,040
芥　藍 Kale	設施內 W/ Pipehouse	2,100	2,140	2,080	2,200
	設施外 W/O Pipehouse	1,388	2,000	1,570	1,920
莧　菜 Amaranth	設施內 W/ Pipehouse	2,720	2,200	—	2,720
	設施外 W/O Pipehouse	1,840	2,240	—	2,360
空心菜 Water Convolvulus	設施內 W/ Pipehouse	1,300	2,220	—	—
	設施外 W/O Pipehouse	1,360	1,600	—	—
菠　菜 Spinach	設施內 W/ Pipehouse	—	1,600	1,560	2,850
	設施外 W/O Pipehouse	—	1,500	1,200	2,320
萵　苣 Lettuce	設施內 W/ Pipehouse	—	2,100	1,900	2,780
	設施外 W/O Pipehouse	—	1,170	1,300	2,320
茼　蒿 Garland Chrysanthemum	設施內 W/ Pipehouse	—	—	1,240	2,100
	設施外 W/O Pipehouse	—	—	1,670	1,240

註：夏作：74年 6月10日播種， 7月 4日採收。　冬作：74年12月10日播種， 1月27日採收。
　　秋作：74年10月 3日採種，10月28日採收。　春作：75年 3月 8日播種， 4月28日採收。

Note.: Summer culture, sowed on June.10, harvested on July.4, 1985.
Autumn culture, sowed on Oct.3, harvested on Oct. 28, 1985.
Winter culture, sowed on Dec. 10, 1985, harvested on Jan. 27, 1986.
Spring culture, sowed on Mar.8, 1986, harvested on Apr.28, 1986.

表 2. 新莊設施內外週年栽培情形

Table. 2. Rotation of vegetable cultivated within or without pipehouse in Hsin-chuang.

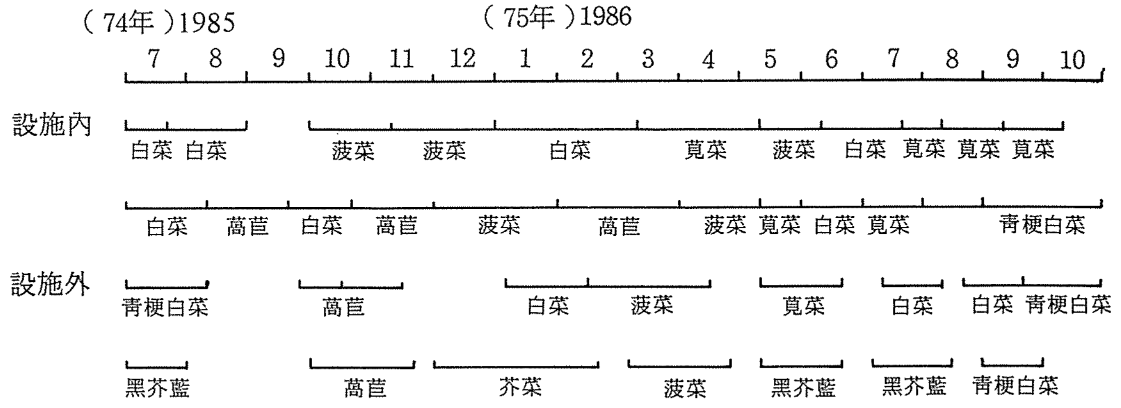
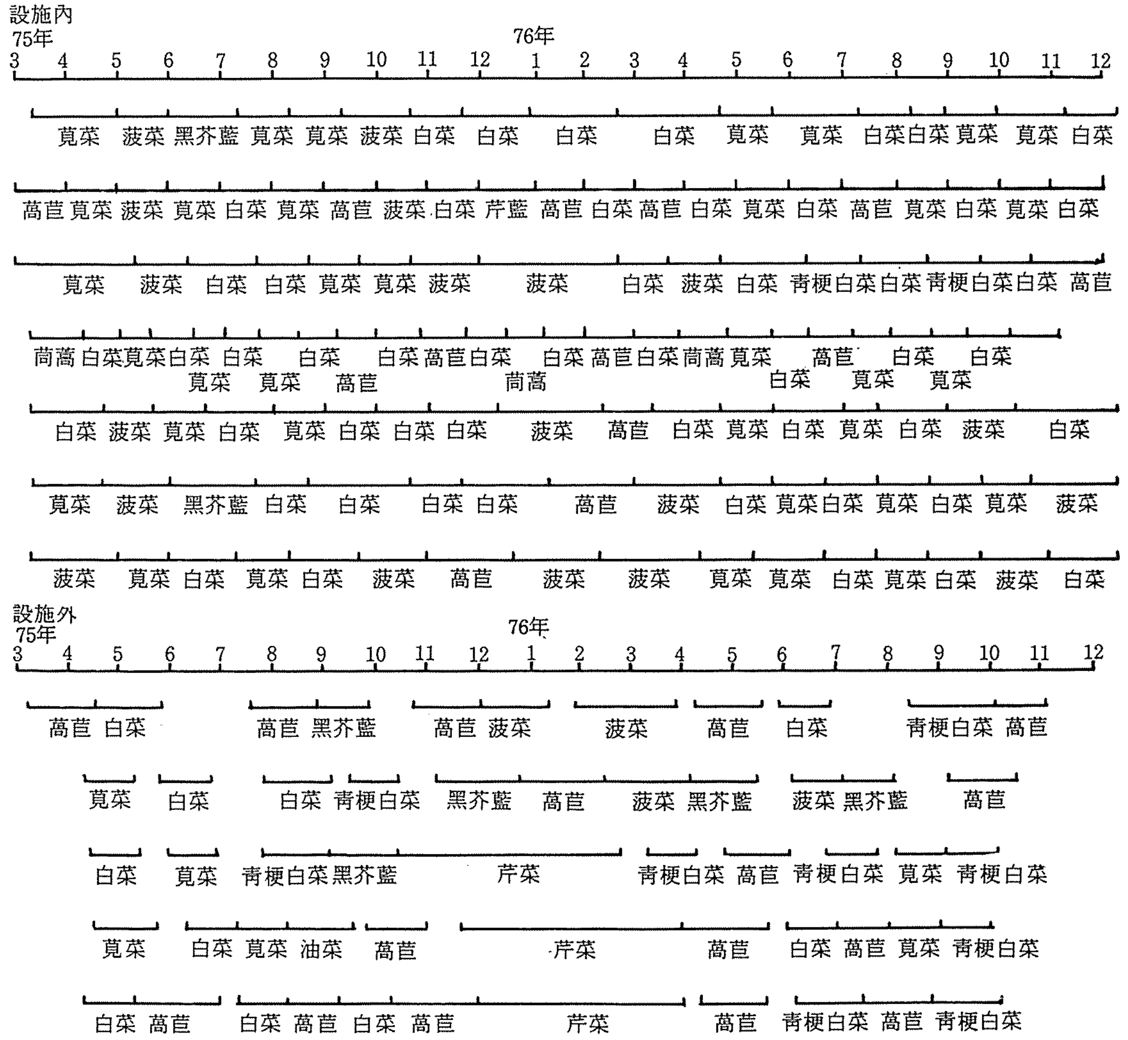
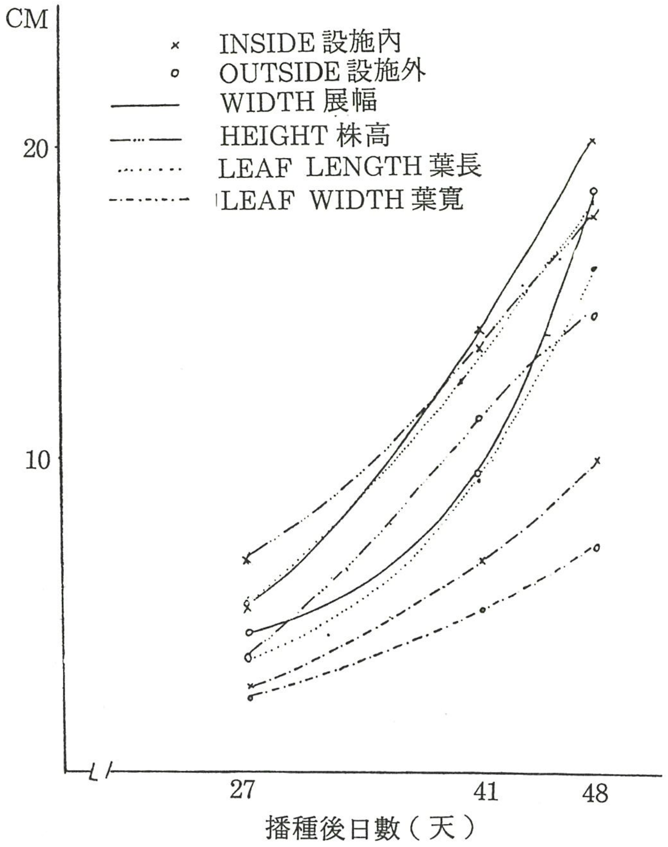


表 3. 新莊設施內外週年栽培情形

Table 3. Rotation of vegetable cultivated within or without pipehouse in Hsin-chuang.





74年12月10日播種，1月27日採收
Sowed on Dec. 10, 1985, harvested on Jan 27, 1986.
圖 1. 設施內外芥藍生育曲線圖
Fig. 1. The growth curve of kale within and without pipehouse.

表 4. 設施內外芥藍葉片含蠟量及蟲孔數比較
Table. 4. Comparison of wax content and number of warm sport of leaf surface on Chinese kale within and without pepehouse.

	葉面積（㎠）Leaf area	蠟含量（μg／㎠）Content of wax	蟲孔數（個／葉）No.of warm spot
設施內 W/ Pipehouse	83.47	0.225	0.8
設施外 W/O Pipehouse	93.55	0.162	12.2

75年3月8日播種，4月28日採收
Sowed on Mar. 8, 1986, havested on Apr. 28.

，設施外者含0.162μg／㎠，而蟲孔數則設施內者每葉平均0.8個，設施外者12.2個，由掃瞄式電子顯微鏡觀察其臘質存在與被破壞之差異如圖2設施內者，葉片臘質完整，具有保護作用因而減少蟲害，而設施外者，蠟質受天候影響而破壞，蟲害較多，農藥使用量勢必增多，農藥殘毒問題相繼而來。故利用設施可減少病蟲害發生，而減少使用農藥。

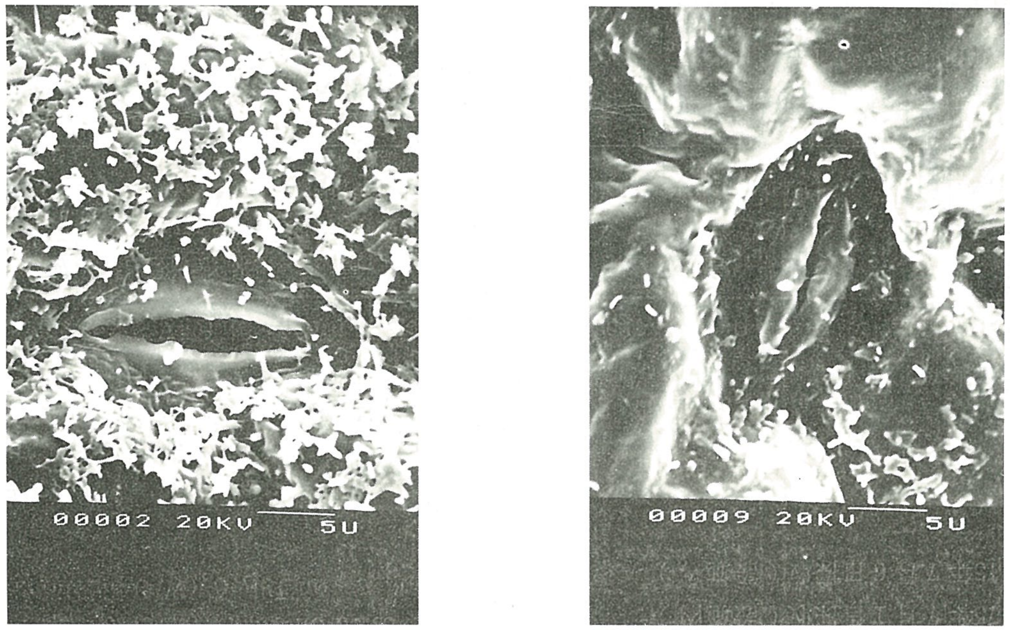


圖 2. SEM 觀察芥藍葉表面臘構造（×1000）
左：設施內　右：設施外
Fig. 2. Scanning electron micrographs of surface fine-structure on kale leaves from with and without pipehouse cultivated.
Left: Within pipehouse　　Right: Without pipehouse.

3.精緻蔬菜直銷超級市場

設施內生產的蔬菜，特色為品質幼嫩，蟲害少，並且規定直銷超級市場之蔬菜於採收前三天做農藥殘毒測定，始可採收。此外更輔導農民直接做每300公克的精緻小包裝，建立商標化的優良產品制度。目前直接供銷台北市各大超級市場。這種產銷模式其效益評估如圖3所示。一般栽培者，供應拍賣場，調理較粗放，平均每10公畝約有2260公斤產量，平均每公斤售價8.33元。扣除生產成本及包裝費用，淨收益為8597元，以每年複作六次計算年收益為51582元。設施內之蔬菜，經過精挑細選與包裝，平均每10公畝有2000公斤的收穫量可供銷超級市場，平均每公斤售價27.84元。其生產管理上應可減少噴藥次數及工資，又可減少肥料之使用，故生產管理費用為5300元，又因需用小包裝，增加人工及包裝材料費用，每公斤需4.6元，總成本需15960元，淨收益為39728元，以每年複作12次計算，年收益可達476,736元，以鍍鋅管搭架設施來生產精緻蔬菜，平均每10公畝之成本約200,000元，故約半年即可回收成本，即複作六次即可。

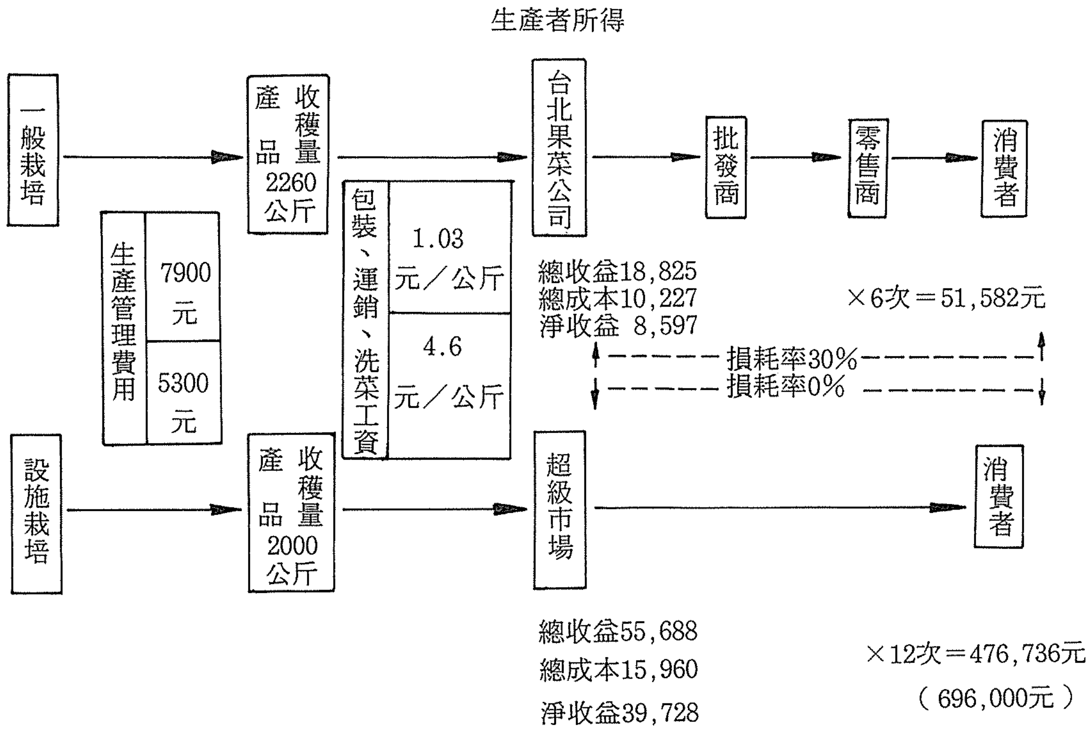


圖 3. 設施外蔬菜售收益，成本，及淨收益之比較

Fig. 3. Comparison of marketing profit, cost, and net profit in vegetable cultivated within and without pipehouse.

台北近郊新莊、蘆洲、三重、五股、板橋等地區共有10公頃，配合精緻小包裝直銷超級市場，農民於民國七十七年平均每10公畝之盈利為69600元。故在都市近郊利用設施栽培葉菜類直銷超級市場是值得採用。

三、山坡地應用設施栽培蔬菜

1.利用設施育苗[4]

北部山坡地以夏季栽培甘藍、結球白菜、甜椒、番茄等蔬菜為主，除結球白菜採用直播外，其餘三種蔬菜均需育苗。每年二月上旬起，農民陸續在自己田間避風處作畦育苗，四、五月間移植。由於這段期間山上的氣溫較低，經常下雨，且幼苗沒有防雨保護措施，所以苗株生育緩慢，育苗期長，效果並不理想。

本場試驗以蛭石、珍珠石、泥炭土及有機肥其比例為（4：2：4：1）作為介質，用連接育苗盆在鍍鋅管骨架設施內育苗，可達到根群保持完整無損，移植後能立即成活，效果良好[4]；遂成立蔬菜育苗中心，並裝配自動噴灌及燈照等育苗管理系統，以生產健康蔬菜苗提供菜農種植。此可克服傳統個別育苗的缺失，達到育苗管理科學化，省時省力的優點，是值得推廣之技術。

2.利用設施栽培夏季蔬菜[4,5,6]

北部山坡地夏季蔬菜常遭遇問題是：甘藍的黑腐病及軟腐病危害，番茄及甜椒的青枯病，

番茄甚至還有尻腐病及裂果問題，這些病害亦深受天候的影響，至目前為止尚無耐病或抗病的品種可供推廣種植，本場由栽培技術上謀求改進，採用鍍鋅管防雨設施栽培甘藍、青花菜、番茄、甜椒、甜豌豆等，茲將結果分述如下：

(1)防雨設施栽培甘藍[5]

表 5，甘藍種植於設施內，株高、展幅、外葉大小，外葉重均較設施外者為佳，且收穫率提高，而使產量提高，並可減少黑腐病之感染。因設施內沒有風雨侵襲，土壤或大氣中帶病原菌的水滴不會濺入葉片水孔，減少黑腐病感染機會，病害比設施外少76%。但由表 6 設施內甘藍球型並未較設施外者為大，但品質較佳，可能光照較弱及氮肥施用較多，而影響結球[10]。

表 5. 防雨設施對甘藍（初秋）園藝性狀之影響（北投湖田里）

Table 5. Effect of pipehouse on horticultural characters of cabbage

項目 Items	株高（公分）Plant height (cm)	展幅（公分）Plant width (cm)	葉寬（公分）Leaf width (cm)	葉長（公分）Leaf length (cm)	外葉數（枚）Outer leaf	外葉重（克）Outer leaf weight (g)	收穫（%）Harvested rate (%)	產量（公斤／10公畝）Yield (kg/1000m²)	黑腐病斑數 No.of black rot
設施內 W/ Pipehouse	32.3	61.2	30.6	32.0	12.1	427.2	77.8	2,099.3	25.32
設施外 W/O Pipehouse	26.8	61.4	28.7	25.4	10.8	252.8	46.3	1,465.7	105.78

註：76年 3 月21日播種。
5 月 8 日定植。
7 月24日採收。

Note: sowed on Mar. 21.
transplanted on May. 8.
harvested on July 24. 1987.

表 6. 防雨設施對甘藍（初秋）球性狀之影響

Table 6. Effect of pipehouse on head characters of cabbage

項目 Items	球重（克）Head weight (g)	球縱徑（公分）Head length (cm)	球橫徑（公分）Head width (cm)
設施內 W/ Pipehouse	911.1	10.6	17.9
設施外 W/O Pipehouse	1,005.5	10.7	16.7

(2)防雨栽培青花菜

結果見表7，設施內青花菜生長均較設施外佳，病斑數亦較少，尤其收穫率更高，因青花菜在花球形成時，每當夏季豪雨，常遭遇嚴重損失，然在設施內種植，即可避開豪雨的危害，因此有很好的收成率，產量約為設施外3倍，以花球性狀而言，設施內單個花球大小，重量及品質亦較佳，如表8。

表7. 防雨設施對青花菜(綠王)園藝性狀之影響 (北投湖王里)

Table 7. Effect of pipehouse on horticultural characters of broccoli (C.V. greenking)

項目 Items	株高(公分) Plant height (cm)	展幅(公分) Plant width (cm)	葉長(公分) Leaf length (cm)	外葉數(枚) No of outer leaf	外葉重(克) Outer leaf weight (g)	病斑數 No of disease spot	收穫(%) Harvested rate (%)	產量(公斤/10公畝) Yield (kg/1000m²)
設施內 W/Pipehouse	62.5	81.3	22.8	12.6	568	4.4	90	1,279.8
設施外 W/O Pipehouse	45.4	68.7	19	12.6	241	66.2	42.5	425.8

註：75年3月27日播種
75年5月15日定植
75年7月1日採收(設施內)
75年7月6日採收(設施外)

Note: sowed on Mar 27
transplant on May. 15,
harvested on July. 1,(W/pipehouse))
〃 on July. 6,(W/O pipehouse) 1986

表8. 防雨設施對青花菜(綠王)花球性狀之影響

Table 8. Effect of pipehouse on curd characters of broccoli (C.V. greenking).

項目	全重(克) Total weight (g)	花球重(克) Curd weight (g)	梗重(克) Stem weight (g)	球橫徑(公分) Curd width (cm)	球高(公分) Curd height (cm)
設施內 W/Pipehouse	474	286	188	16.4	13.2
設施外 W/O Pipehouse	334	210	124	14.8	12.6

(3)防雨栽培番茄

結果見表9 10。番茄在設施內因光照弱，植株有徒長現象，因此節間長，株高較高。但在設施內，減少雨害及酸雨之侵襲，故產量較設施外高。並減少裂果率25.2%，死亡率3.3%。比較單果大小、重量設施內均較設施外小，但設施內植株不易死亡，又不易裂果，故採收期較長而使產量較為增加。本場七十五年之試驗，因該年氣候較差，使設施內產量較設施外增加93%。

表9. 防雨設施對番茄(農友301)園藝性狀之影響 (士林菁山里)

Table 9. Effect of pipehouse on horticultral characters of tomato. (C.V. Farmers 301)

項目 Items	株高(公分) Plant height (cm)	節間長(公分) Inter-node length (cm)	葉厚(公分) Leaf thickness (cm)	產量(公斤/10公畝) Yield (kg/1000m²)	尻腐病(%) Blossom end rot (%)	死亡率(%) Died rate (%)	裂果率(%) Cracking fruit (%)
設施內 W/Pipehouse	220.8	10.47	0.0224	4,980.7	10.89	0	11.1
設施外 W/O Pipehouse	181.6	8.97	0.0266	4,464.5	6.1	3.3	36.3

註：76年2月7日播種。
76年3月18日定植。
76年6月6日至8月6日採收。

Note: sowed on Feb. 7.
transplant on Mar. 18.
harvested on June.6,to Aug 6.

表10. 防雨設施對番茄(農友301)果實性之影響

Table 10. Effect of pipehouse on fruit characters of tomato (C.V. Farmers 301).

項目 Items	果橫徑(公分) Fruit width (cm)	果縱徑(公分) Fruit length (cm)	單果重(克) Fruit weight (g)	單株結果數(個/株) No of fruit set /plants
設施內 W/Pipehouse	5.58	4.92	104.1	12.9
設施外 W/O Pipehouse	6.01	5.67	139.2	12.3

(4)防雨栽培甜椒

如表11,12所示，設施內栽培甜椒可得到很好的植株生長及產量，單果重增加44.5%，產量增加60%。因甜椒生日長需光較不強，因此在設施內生長沒有光照不足之問題，而可得到果大，果肉厚，品質佳之甜椒。

表11. 防雨設施對甜椒(藍星)園藝性狀之影響 (地點：士林菁山里)

Table 11. Effect of pipehouse on horticultural characters of sweet pepper (C.V. Blue star).

Items	株高(公分) Plant height (cm)	展幅(公分) Plant width (cm)	葉長(公分) Leaf length (cm)	葉寬(公分) Leaf width (cm)	葉面積(平方公分) Leaf area $(cm)^2$	葉厚度(公分) Leaf thickness (cm)	產量(公斤／10公畝) Yield $(kg/1000m^2)$
設施內 W/Pipehouse	83.57	53.1	14.9	6.97	115.13	0.024	1,499.9
設施外 W/O Pipehouse	52.30	45.2	11.3	6.50	61.69	0.028	833.6

註：77年3月1日播種。
77年5月16日定植。
77年7月15日至8月15日採收。

Note: sowed on Mar 1.
tramplavt on May 16.
harvested on July 15 to Aug. 15. 1988

表12. 防雨設施對甜椒(藍星)果實性狀之影響

Table 12. Effect of pipehouse on fruit characters of sweet pepper. (C.V. Blue star)

項目 Items	單果重(克) Fruit weight (g)	果高(公分) Fruit height (cm)	果幅(公分) Fruit width (cm)	果肉厚(公分) Fruit thickness (cm)
設施內 W/Pipehouse	153.47	13.78	7.20	0.384
設施外 W/O Pipehouse	101.06	10.59	6.82	0.378

(5)防雨設施栽培甜豌豆，結果如表13,14。豌豆在台灣生產主要利用冬季裡作，故夏季產量極少。利用高冷地生產則因豪雨而結實不良，利用設施栽培可提高產量，且單莢之重量、厚度、品質均較設施外為佳。

表13. 防雨設施對豌豆(新珍)園藝性狀之影響 (士林菁山里)

Table 13. Effect of pipehouse on horticultural characters of sugar pea. (C.V. Sugar Snap)

項目 Items	株高(公分) Pland lenght (cm)	葉寬(公分) Leaf width (cm)	葉長(公分) Leaf length (cm)	節間長(公分) Internode length (cm)	葉厚(公分) Leaf thickness (cm)	產量(公斤／10公畝) Yield $(kg/1000m^2)$
設施內 W/Pipehouse	271.9	3.79	5.34	15.0	0.0205	585.5
設施外 W/O Pipehouse	195.2	4.00	5.10	13.2	0.0209	285.5

註：76年3月7日播種。
76年5月10日至6月18日採收。

Note: sowed Mar 7.
harvested May. 10,to June.18, 1987

表14. 防雨設施對豌豆莢(新珍)性狀之影響

Table 14. Effect of pipehouse on pod characters of pea pod. (C.V. Sugar Snap)

項目 Items	單莢重(克) Singu pod weight (g)	莢長(公分) Pod length (cm)	莢寬(公分) Pod width (cm)	莢厚(公分) Pod thickness (cm)
設施內 W/Pipehouse	4.54	7.00	1.42	0.878
設施外 W/O Pipehouse	4.05	6.73	1.44	0.860

(6)設施內外栽種蔬菜收益之比較

結果如表15，番茄設施內品質較佳，裂果較少，每公斤可多賣5元，故增加收益32640元。青花菜設施內亦因品質佳，產量又高，故可增加收益36277元。甜椒可增加38233元，豌豆增加18192元。甘藍因為是山坡地大宗蔬菜，夏季價格不穩定，又設施內球重未較大，品質雖較好，但因量不多，因此於市場上不易突顯，而使得設施內僅較設施外收益多6336元。以設施成本分析，每十公畝需20萬元，若骨架可使用十年，每年分擔二萬元，塑膠布每年需更新，10公畝需二萬五千元，故設施成本每年至少四萬五千元，而由以上之收益比較，單作一次，不論種那種蔬菜均無法回收成本，故本場設計輪作體系，如表16，增加複作次數，以增加設施之利用率，而增加收益。

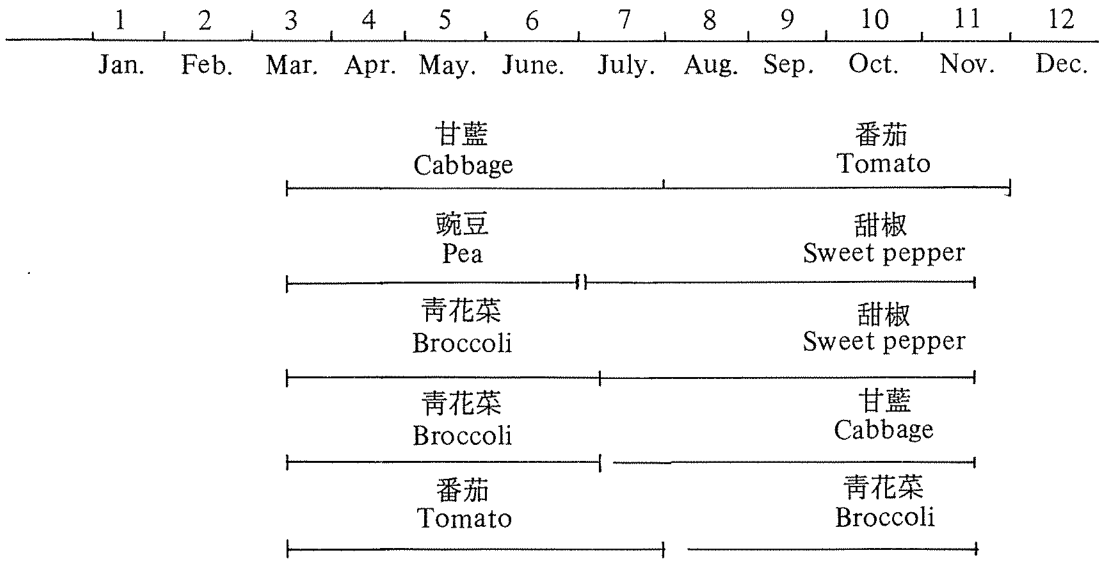
表 15. 設施內外栽種蔬菜收益之比較（元／10公畝）

Table. 15. Comparison of income on growing vegetable within and without pipehouse (NT$/1000m^2)

項目 Items	番茄 Tomato	青花菜 Broccoli	甜豌豆 Sugar pea	甘藍 Cabbage	甜椒 Sweet pepper
設施內 W/Pipehouse	99,600	44,793	26,757	20,993	55,497
設施外 W/O Pipehouse	66,960	8,516	8,565	14,657	17,263
增加收益 Income increase	32,640	36,277	18,192	6,336	38,233

表 16. 山坡地利用設施栽植蔬菜之輪作體系

Table 16. Rotation system of vegetable growing in slop land with pipehouse.



北部山坡地多為梯田，耕作面積小，搭架設施成本高，且山坡地以生產夏季甘藍、甜椒、番茄為主，這些蔬菜生長期長，因此在山坡地一年只能複作二至三次，而延遲設施成本回收時期，因此農民搭建設施之意願較低，目前除育苗中心外，其餘僅為試驗階段。在山坡地要發展設施園藝，除了利用設施提高原有蔬菜品質、產量外，尚可栽培夏季不易栽培而售價較高之蔬菜如青花菜、甜豌豆等，並且擴大經營規模，才可增加農民收益。

四、結論與建議

北部地區因雨季較長，利用鍍鋅管骨架設施對防雨有良好的效果，同時利用設施栽培蔬菜，

設施內之蔬菜外觀及品質均較設施外者良好，其優點尚有有減少病蟲害發生，減少使用農藥，縮短生育期，而可達穩定生產及提升品質之雙重目標。配合精緻蔬菜直銷超級市場，建立產品商標化，由於產銷體系配合良好，價格利潤合理，生產者與消費者可兩蒙其利。農民可視其需要性與經濟性做合理的選擇與投資。

然而，設施型式尚需不斷改進，特別是設施資材及栽培生理方面，尚存有若干問題亟待解決。今後需鼓勵業者投資生產規格化且適合於農業使用之資材，以期降低成本，利於農民採用。並且應加強基礎生理研究，建立科學化、合理化之土壤養分及水分管理，克服連作障礙問題，尤其果菜類、甘藍等於設施內弱光下之養分代謝及結球生理，以期提高產量。

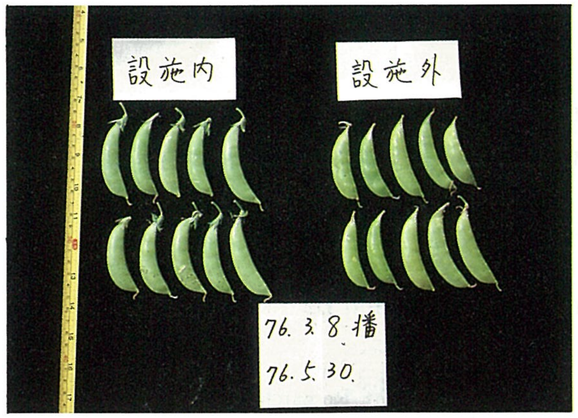
生產技術提升，也提高產品品質，更要配合合理化銷售網之建立，才可使產銷一元化，而使生產者可依市場需要利用設施栽培計劃生產，而達農業工業化，農產品商品化，農業經營企業化之最終目標。

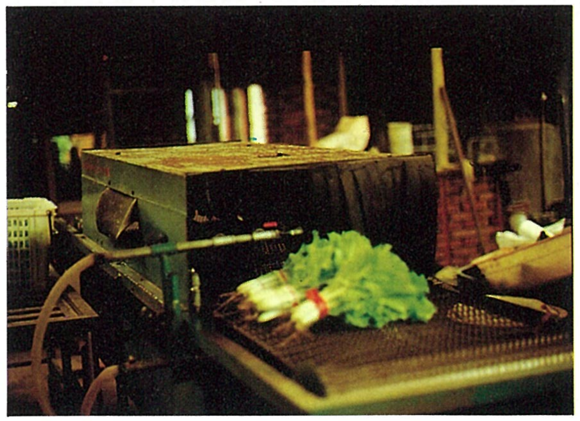
參考文獻

1. 王進生　1972　高架塑膠網室蔬菜栽培　豐年22（19）：14—15
2. 洪汝煌、謝美齡　1981　不同遮光物對夏季蔬菜栽培可行性之研究　台北區農業改良場研究彙報1：1—6
3. 張粲如、廖芳心　1986　台北近郊蔬菜直銷超級市場對菜農經營上的影響　中國園藝 32（4）：240—251
4. 廖芳心、張粲如、陳榮輝　1987　夏季高冷地蔬菜育苗與輪作技術之研究　農林廳評議會報告　163—174
5. 廖芳心、張粲如、陳榮輝、王秀珠　1987　夏季甘藍栽培技術改進　農林廳評議會報告　175—184
6. 廖芳心、張粲如、陳榮輝　1987　夏季番茄之防雨栽培　農林廳評議會報告　182—191
7. 廖芳心、張粲如　1988　都市近郊設施栽培蔬菜之研究　農林廳評議會報告
8. 三井功　1985　雨よけハウスの　經濟性　農及園60（3）：70—77
9. Eglinton, G. and R. J. Hamilton. 1967. Leaf epicuticular wax. science 156: 1322–1335.
10. Hara T., T. Kizawa, and Y. Sonoda. 1981. The role of macronutrients in cabbage–head formation. III. cabbage head development as affect by nitrogen and light. Soil Science and Plant Nutrition 27(21): 177–184.

1	2
3	4
5	6
7	

1. 設施內種植莧菜品質優於設施外
2. 設施內外芥藍比較
3. 設施內之小白菜蟲孔較設施外少
4. 利用防雨設施及清潔介質於山坡地育苗
5. 設施栽培甘藍減少黑腐病之發生
6. 設施內之甘藍結球未比設施外者大，但品質較好
7. 設施內外栽培青花菜之比較





8	9
10	11
12	13

8. 設施內外栽培甜豌豆之比較
9. 設施內外栽培甜椒之比較
10. 設施內外栽培番茄之比較
11. 設施內之蔬菜採收後做小包裝且建立商標化
12. 以輸送式洗菜機洗菜
13. 直銷超級市場架售情形

INVESTIGATED ON PRODUCTION AND MARKET SYSTEM VEGETABLE CULTIVATED WITH PIPEHOUSE IN SUBURBS

Fang-shin Liao, Tsan-ru Chang, Yung-huei Chen and Hsiu-chu Wang

Assistant Horticulturist, Associate Horticulturist, Assistant, Research Assistant
Taoyuan District Agricultural Improvement Station

ABSTRACT

There are longer rains season in northern Taiwan. Using pipehouse to cultivate vegetables in suburbs not only could decrease rain damage, protect vegetable plant, but also decrease the susceptibility of plant disease, and reach to dual targets of stabilizing production and quality.

In this experiment, investigation included the applying pipehouse to cultivate vegetable in flatland and slopland of Taipei suburbs, comparing the inside and outside of pipehouse—growth rate, yield and quality, cultivation in different seasons and rotation in whole year. It showed that 12 to 14 times of rotation inside the pipehouse cultivated leafy vegetable in flatland, increase yield about −4.3 to 125%, also save pestside cost NT$1,800, and fertilizer cost NT$800 per 1000 m^2 in a production period. In slopland, using pipehouse also has the same result, tomato reduced split fruit rate 25.2%, yield increased 11.5%; sweet pepper increased weight of single fruit 44.5%, yield increased 60%; cabbage decreased black rot disease 76%, raised harvest rate 31.5%; sweet pea increase yield 105.21%.

This scheme was promoted in these area of Hsin-Chuang, Lu-Chou, San-Chung and Wu-Ku, total area was 10 Hectare; and vegetables packaged delicatly, directly saled to super market, the total sale amount in year round reached 114,110 thousand dollars, the net profit was 69,600 thousand dollors NT, in deduting the charges of production material , transport and management.

第二屆設施園藝研討會專集 209~217 (1989)

溫度對蔬菜光合作用及呼吸作用之影響

翁 仁 憲*
國立中興大學植物學系

摘 要

以甘藍類 8 品種，不結球之白菜類 7 品種，番茄20品種（系）及蕹菜、萵苣各一品種為材料，探討其20−35℃間光合作用，及20−30℃呼吸作用之變化。各種蔬菜之光合成率與葉溫之間均呈拋物線關係，即在溫度較低時，光合成率隨溫度上升而增加，但達到某一溫度後，光合成率即開始下降。各品種之光合作用適溫，除了油菜心，綠王青花菜、極早生花椰菜及番茄 CL5915-153D4在26-27℃，台南 2 號、H1568、UC1167等番茄品種（系）及萵苣在33-35℃外，其餘品種均在30℃左右。35℃之高溫對油菜心、極早生花椰菜、葉深甘藍及CL1131、CL5915-93D4等番茄品種之影響較大，其光合成率下降了10-15%，其餘品種則在10%以下，而對幾種白菜類及約半數之番茄品種（系）之影響則極微。品種間，暗呼吸率之差異很大，較耐熱之品種（系），如葉深甘藍、和風甘藍、綠王青花菜及幾個番茄品種（系）均具有較低之呼吸率。唯，鳳山白菜等幾種白菜，其吸吸率高於其他供試之蕓苔屬蔬菜，其較耐熱之原因可能為其葉面積比（LAR）較大，呼吸作用之負擔較小所致。30℃與20℃呼吸率之比（Q_{10}），蕓苔屬為1.6-1.8，番茄為1.9-2.0，蕹菜為2.2，萵苣為1.7，有種間之差異，唯種內之差異則不顯著。

由以上結果可知，葉面積比（LAR）較大之非結球性葉菜類，及呼吸率較低之果菜類與結球性之葉菜類有利於在高溫下生長，而日夜溫差大有利於光合成產物之累積。

一、前 言

植物體之乾重有90%以上係來自光合作用(10)，而光合成產物之中有1／3以上又會被呼吸作用所消耗(1,7)，是故提高作物之光合成能力，以及減少呼吸消耗均為提高作物生產力之一有效途徑。唯植物之光合及呼吸作用易受植物本身之特性及外界環境之影響。外界環境之中，以溫度、光照、水分及肥料之影響較大(2-6,8)。一般而言，植物之光合作用有其最適宜之溫度，即在溫度較低時，植物之光合成率隨溫度增加而上升，而高至某一溫度後，光成率即會隨溫度升高而下降。此光合作用之最適溫隨植物種類而不同，一般言之，C_4型植物較高，約為30-40℃，而C_3植物

* 國立中興大學植物學系教授

較低，約在20-30℃[4]。另一方面，植物之呼吸率則每升高10℃大約升高１倍[4]。由於植物之生產量為其光合量減去呼吸量，所以生產量亦有其最適溫，而此最適溫則較光合作用之最適溫為低[4]。

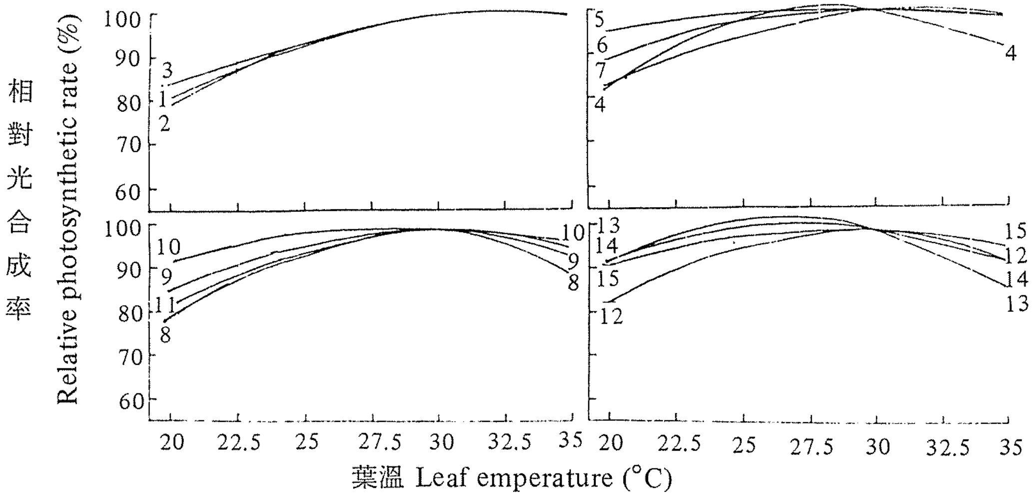
溫度管理為設施園藝之重要一環，本人在77年度接受國科會補助，針對溫度對本省蔬菜之光合作用及呼吸作。用之影響進行研究，茲將所得部分結果報告於後，俾作設施園藝之溫度管理，選擇品種及育種之參考。

二、材料與方法

以甘藍類（ *B. oleracea* ）８品種，不結球之白菜類（ *B. campestris* ）７品種，番茄20品種（系）及蕹菜，萵苣（嫩莖萵苣）各一品種為材料。於77年7-8月分批播種，發芽後將材料移植於直徑12cm之盆中，置於室外，每盆施用N:P:K＝20:15:15之複合肥料0.6g，在發芽後20-30天進行光合作用及呼吸作用之測定。光合作用之測定條件分為兩種，一為光度固定在1000 μE／㎡／S（約為全太陽光之半量），測定20-35℃間之光合成率。另為溫度固定在20及30℃，分別測定200-1800μE／㎡／s光度間之光合成率，唯只測定了蕓苔屬4品種，番茄3品種以上光合作用之測定對象為完全展開之最上位葉，相對濕度維持在80%。呼吸作用係在100%RH，黑暗條件下，測定各品種（系）整個植株在20及30℃下之CO_2放出速率。以上光合作用及呼吸作用之詳細測定方法詳如本人最近發表之論文（８，９）。

三、結　　果

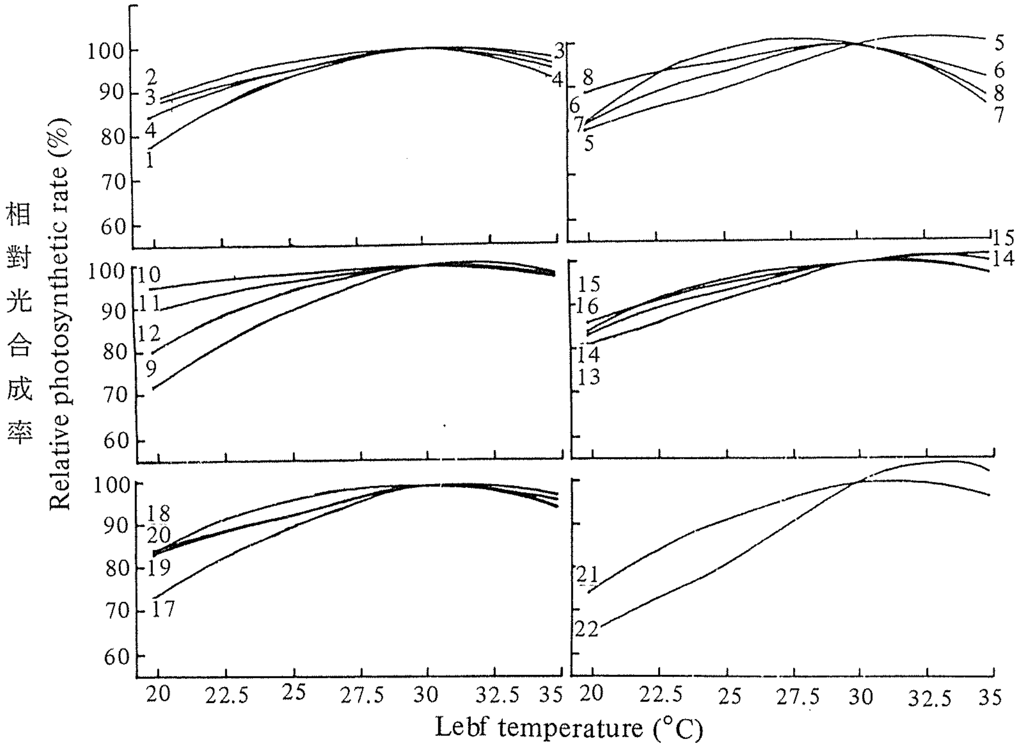
圖１及圖２顯示各供試蔬菜品種（系）之光合成率與其葉溫之關係。在蕓苔屬蔬菜，除了油



１：鳳山白菜，２：小白菜，３：台農１號白菜，４：油菜心，５：青梗白菜，
６：農友２號白菜，７：朝鮮白菜，８：葉深甘藍，９：夏強甘藍，10：和風甘藍，
11：高峰甘藍，12：黃花芥藍菜，14：極早生花椰菜，15：803大青花菜

圖１. 蕓苔屬蔬菜之相對光合作用率（30℃為100%）與葉溫之關係。

Fig.1. Relationships between relative photosynthetic rates and leaf temperatures of Brassica (30°C as 100%).



１：台南３號，２：金剛，３：朱雲，４：四季紅，５：UC 1167，６：CL 5915-153 D 4-3-3-0-NSB，７：CL 1131-26-1-0-1-0，８：CL 5915-93 D 4-1-0-3 C（以上為耐熱品種（系）），９：野生種，10：農友301，11：黑柿，12：CL 6047-1-1-2-3-2-7-0，13：Rouato R２，14：台南２號，15：Heing 1568，16：Heing 603，17：BL 242，18：L 203，19：TK 70，20：L 294，21：蕹菜，22：萵苣。

圖２ 番茄、蕹菜及萵苣之相對光合作用率與葉溫之關係（30℃為100%）

Fig. 2. Relationships between relative photosynthetic rates and leaf temperature of *Lycopersicon esculentum*, *Ipomoea aquatica* and *Lactuca sativa* (30°C as 100%)

菜心、綠王青花菜及極早生花椰菜之光合作用適溫在26-27℃外，其餘品種之光合作用適溫均在30℃左右。35℃之高溫對油菜心，極早生花椰菜及葉深甘藍之影響較大，光合成率之下降幅度約為10-15%，而幾種白菜在30-35℃間，其光合成率幾無變化，甘藍類則下降５（和風甘藍）—10%（葉深甘藍）。番茄之光合作用適溫，除CL 5915-153D4約在27℃，台南２號、H1568及UC1167約在33—35℃其餘品種（系）均在30℃。35℃時光合成率下降之幅度，除CL1131，CL5915-93D4在10—15%外，其餘品種（系）均10%以下。而蕹菜及嫩莖萵苣之光合作用適溫則分別在30及33℃。35℃下，光合作用之下降率約在5%以下。光合作用適溫以下之溫度對光合作用之抑制亦隨品種（系）而不同，在20℃時，嫩莖萵苣之光合成率約下降35%，而鳳山白菜，葉深甘藍、蕹菜及台南３號，BL242，CL6047，野生種等番茄品種（系）則約下降20—30%，青梗白菜，和風甘藍，花椰菜，青花菜及黑柿農友301等番茄品種之光合成率下降幅度則較小，在5—10%。

圖３顯示在20℃及30℃下，青梗白菜、黃花芥藍菜、葉深甘藍及綠王青花菜之光合成率與光度之關係。各品種之光合成率與光度之間均呈雙ｓ曲線關係。即在光度較弱時，光合成率隨光度

之增加而急速增加但光度增強至某些程度後，光合成率之增加程度漸趨於緩慢，至一定光度後，光合成率即達到飽和不再增加。在20℃時，青梗白菜，黃花芥藍菜、葉深甘藍之光合成率約在1000 μE／㎡／s，即全太陽光之半量時達到飽和，而綠王青花菜之光合成率在1000 μE／㎡／s以下時隨光度而急速上升，超過1000 μE／㎡／s以上時其光合成率增加極緩。在30℃時，黃花芥藍菜及葉深甘藍之光飽和點仍為1000 μE／㎡／s，青梗白菜及綠王青花菜之光合成率則在1000 μE／㎡／s以上時仍稍有上升。

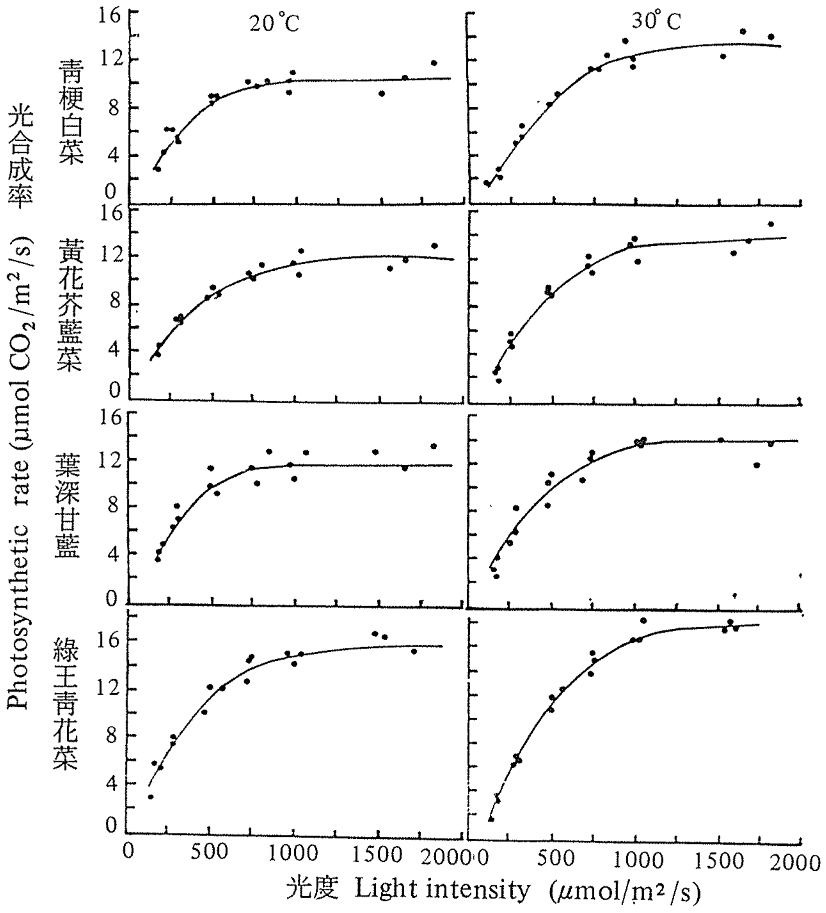


圖3. 在20℃及30℃下甍苔屬蔬菜之光合成率與光度之關係。

Fig.3 Leaf photosynthetic rate of *Brassica* under different light intensity in 20°C and 30°C.

圖4顯示在20℃及30℃下幾個番茄品種之光合作率與光度之關係。在20℃下之光飽和點。以未施氮肥之四季紅最低，約為750 μE／㎡／s。而施用複合料肥時。3品種之光飽和點均為1000 μE／㎡／s。在30℃下，各品種之光飽點均約為1000 μE／㎡／s。

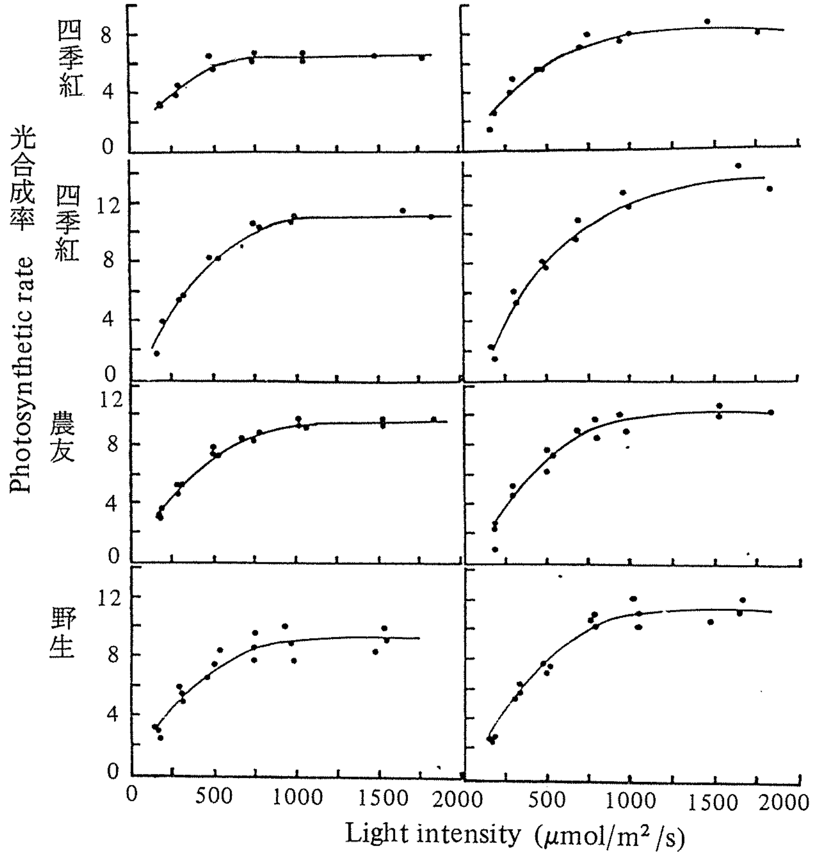


圖4. 在20℃及30℃下番茄之光合作用率與光度之關係。—N: 未施氮。

Fig.4. Leaf photosynthetic rate of *Lycopersicon esculentum* under different light intensity in 20°C and 30°C.

圖5顯示在20℃及30℃下甍苔屬蔬菜及蕹菜、萵苣之暗呼吸率。暗呼吸率以油菜心及鳳山白葉等小白菜較高，其在30℃及20℃之呼吸率各約為3.5及1.8mgCO_2／g／h。而較耐熱葉深甘藍，和風甘及綠王青花菜之呼吸率較低，其在30℃及20℃之的呼吸率各約為2.3及1.4mgCO_2／g／h。蕹菜在30℃及20℃之暗呼吸率各為2.5及 1.2mgCO_2／g／h，而萵苣則為2.8及1.6mgCO_2／g／h。唯各品種在30℃及20℃呼吸率之比（Q_{10}），除蕹菜約為2.2外，其餘品種在1.6—1.8間，品種間差異不顯著。

圖6顯示各供試番茄品種（系）之暗呼吸率。在30℃下，8個耐熱品種（系）呼吸率之平均為2.67±0.41mgCO_2／g／h。而12個不耐熱品種（系）之暗呼率之平均則為3.71±0.44mgCO_2／g／h。在20℃下，耐熱及不耐熱品種（系）之暗呼吸率各為1.56±0.28及1.87±0.30mgCO_2／g／h。由以上結果可知，耐熱之番茄品種（系）具有較低之呼吸率。唯各品種（系）在30℃及20℃呼吸率之比則無顯著差異，約為1.9—2.0。

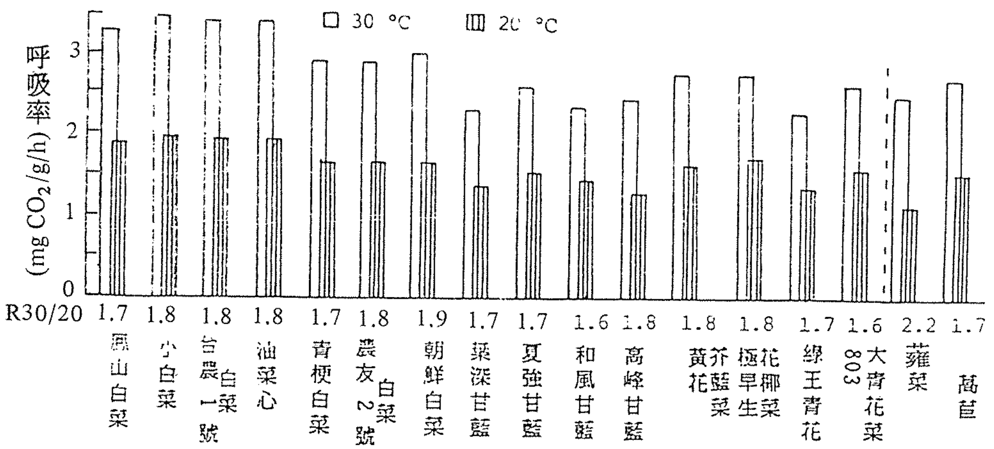


圖5. 20℃及30℃下蕓苔屬蔬菜及蕹菜、萵苣之暗呼吸率。R30／20：在30℃及20℃下暗呼吸率之比。

Fig.5. Dark respiratory rates of *Brassica*, *Ipomoea aquatica* and *Lactuca sativa* under 20°C and 30°C.

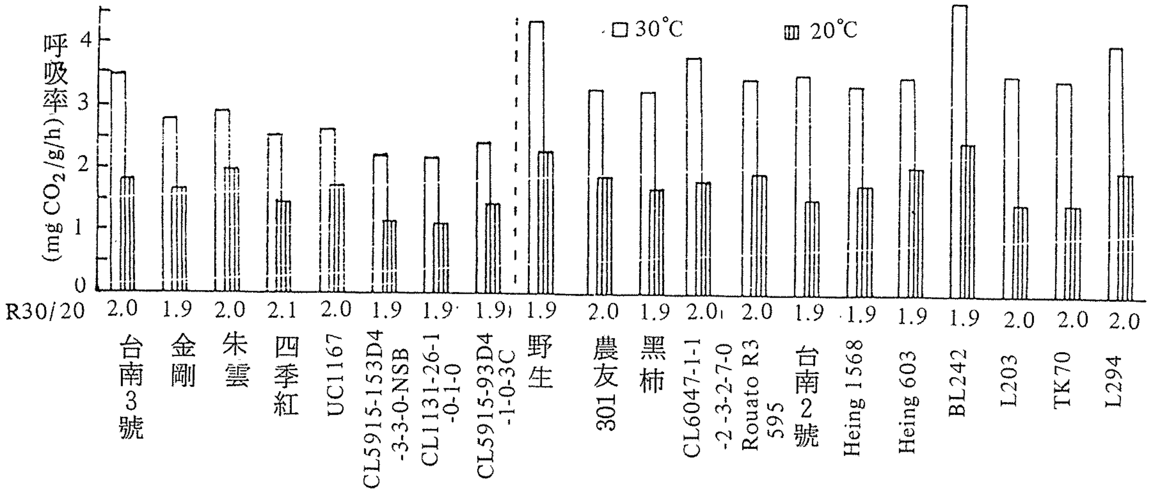


圖6. 20℃及30℃下番茄之暗呼吸率。R30／20：在30℃及20℃下暗呼吸率之比。

Fig.6. Drak respiratory rates of *Lycopersicon esculentum* under 20°C and 30°C.

四、討　　論

由本研究結果得知，不同蔬菜品種間其光合作用對溫度之反應迥異(圖1、圖2)。雖然如此，在番茄，此光合作用對溫度之差異並未能說明其耐熱性之差異。如亞洲蔬菜中心育成之耐熱品系CL1131及CL5915系統，在超過30℃時，其光合成率下降之程度均較其他品種(系)為大，而不耐熱之品種，如黑柿，農友301等品種，其光合作用對溫度之反應卻非常遲鈍。唯由圖6即可

看出，耐熱性品種(系)之暗呼吸率則遠較不耐熱之品種(系)低，顯示番茄品種之耐熱性與低呼吸率有關，或許可作為育種及選種之指標。

小白菜之耐熱性已為吾人所熟知，從圖1可看出，其光合作用的確不易受高溫之抑制，唯圖五卻顯示幾種小白菜類之暗呼吸率為供試之蕓苔屬蔬菜之最高者。為何呼吸率高卻可在高溫下旺盛生長？此點可能和其葉面積比(leaf area ratio, LAR，即植物之葉面積和其全植物體乾重之比)較高有關。本研究測定了鳳山白菜、油菜心、青梗白菜、黃花芥藍菜、葉深甘藍及綠王青花菜之LAR，分別為330、150、190、220、及140cm²／g，LAR較大表示單位重量內可進行光合作用之葉面積較大，而減少呼吸消耗。由上述之LAR值可知，鳳山白菜之LAR值遠較其他品種為大，呼吸消耗因而減少。至於本研究所得甘藍類之LAR值，因係苗期所測得，故其值尚偏高，在結球或抽苔後，其LAR會大幅下降，此亦可能為結球(抽苔)性蔬菜較不耐熱的原因之一。也因如此，低呼吸率對結球或抽苔性品種之耐熱性較為重要，此點可由圖5中，葉深甘藍、和風甘藍及綠王青花菜等較耐熱之品種，其呼吸率較低可得證明。

至於蕹菜及萵苣，由於本研究只各使用一個品種，難以詳加討論， 苣之光合作用適溫很高，值得注意。

本研究雖非於設施內栽植，唯係將材料置於玻璃溫室南側簷下，距此屋簷之南側5m處另有一面牆，形成只能東西向之通風，故其環境介於設施與露地之間，應可作為設施栽培之參考。此外，從本研究結果得知，無論蕓苔或番茄，其光合作用之適溫均近於30℃，即使葉溫升高至35℃，大部分供試品種之光合作用率之下降幅度在10%以下，但從20℃升至30℃時，呼吸率之增加卻近1倍，所以設施內維持較低之夜溫非常重要。

五、結　　論

1. 葉面積比(LAR)較大之非結球性葉菜類，及呼吸率較低之果菜類與結球性葉菜類有利於在高溫下生長。
2. 日夜溫差大有利於光合作用產物之累積。

參考文獻

1. 縣和一、窪田文武、鎌田悅男。1971。牧草の乾物生產。第一報 光合成連續測定による牧草羣落の乾物生產量の計算值と實測值との比較。日本草地學會誌17：223—228。
2. Berry, J. and O. Björkman 1980. Photosynthesis response and adaptation to temperature in higher plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 31:491—543.
3. Berry, J. A. and W. J. S. Downton. 1982. Environmental regulation of photosynthesis. *In* Photosynthesis. Volume II. (Ed) Govindjee. Academic Press, New York. pp. 263—343.
4. Fitter, A. H. and R. K. M. Hay 1981. Environmental physiology of plants. Academic press, New York. pp. 171—178.
5. Oritani, T., T. Enbutsu and R. Yoshida 1979. Studies on nitrogen metabolism in crop plants. XVI. Changes in photosynthesis and nitrogen metabolism in relation to leaf area growth of several rice. Japan J. Crop Sci. 48:10—16.

6. Raison, J. K., J. A. Berry, P. A. Armond and C. S. Pike 1980. Membrane properties in relation to the adaptation of plants to temperature stress. *In* Adaptation of plants to water and high temperature stress. (Eds.) N. C. Turner and P. J. Kramer. John Wiley & Sons, New York. pp. 261–273.
7. Tanaka, A. and J. Yamaguchi 1968. The growth efficiency in relation to the growth of the rice plant. Soil Sci. & Plant Nutr. 14: 110–116.
8. Weng, J. H. and C. Y. Chen. 1987. Differences between Indica and Japonica rice varieties in CO_2 exchange rates in response to leaf nitrogen and temperature. Photosynthesis Research 14: 171–178.
9. Weng, J. H. 1988. Leaf photosynthesis of forage grasses in different seasons and temperatures. Bot. Bull. Academia Sinica 29 (3): 163–170.
10. Zelitch, I. 1975. Improving the efficiency of photosynthesis. Science 188: 626–633.

討　論

蔡尙光（台北市業者）問：

所謂耐熱性品種在相同高溫下若改變不同的光照度，會不會影響它耐熱的特異性？

翁仁憲（中興大學植物系）答：

適當遮蔭並不影響耐熱性若因遮蔭而降溫可能較好，致於會不會影響作物的耐熱之特異性我沒有資料，所以不敢確定。

EFFECT OF TEMPERATURE ON PHOTOSYNTHESIS AND RESPIRATION IN VEGETABLE CROPS

Jen-hsien Weng

Professor

Department of Botany, National Chung-Hsing University

ABSTRACT

Eight genotypes of *Brassica oleracea,* seven genotypes of *B. campestris,* twenty genotypes of *Lycopersicon esculentum,* and one genotypes of *Lactuca sativa* and *Ipomoea aquatica* were used to study the temperature responses of leaf net photosynthesis and dark respiration. Parabolic relationship was shown between photosynthetic rate and leaf temperature. For most tested genotypes, the highest photosynthetic rate was found near 30 °C. The decreased rate of photosynthetic rate was 0–15% at 35 °C. Except the pak-choi, the genotypical difference of photosynthesis responding to high temperature did not reflect on their heat tolerance. However, the heat tolerant genotypes of cabbage, broccoli and tomato showed lower respiratory rate than those of heat-sensitive genotypes. When temperature rose from 20 °C to 30°C, the Q_{10} of respiration were 1.6–1.8 in *Brassica* and *Lactuca sativa,* 1.9–2.0 in *Lycopersicon esculentum,* 2.2 in *Ipomoea aquatica.* There was significant intraspecific difference.

豌豆芽菜生產技術之探討*

何偉真　黃洋宮　林正雄**
種苗改良繁殖場

摘　要

由澳洲進口之褐色豌豆種子（Australian Dun pea），其價格及品質適於作為綠色豌豆芽菜生產用。豌豆種子四百公克浸於流動清水中浸泡6—8小時，經次氯酸鈣消毒，再播於水稻育苗盤上。育苗盤以吸水紙爲介質，使用方便、衛生、清潔，適於取代慣用的碎泡棉。

種子播種後，初期置於黑暗生長箱，23±3℃條件下培育4天，然後移到一層遮陰網下光照培育，視冬、夏溫度差異，培育4～6天後採收。採收苗高約10～12公分。每公克乾燥種子之採收指數為1.63。綠色芽菜的生長受溫度、浸種時間、播種量、播種介質、種子品質、暗期及光照培養時間影響，但與種子大小無明顯相關。芽菜採收後，宜儘快食用，以避免纖維增加，降低食用品質。

一、前　言

「芽菜」為植物種子發芽後的幼苗充當蔬菜之總稱。植物的幼苗，不但鮮嫩可口，且富含多種維生素和礦物質。其生產期短，一般僅需數天，且大多不需施用農葯及肥料。在今日談農葯及亞硝酸鹽含量過高而色變的時代，食用植物種子剛發芽的幼苗，不啻是最能令消費者心安的清潔衛生蔬菜了。中國人早就習於熟食白色綠豆芽和黃豆芽。西洋人則常生吃綠色苜蓿芽。日本人亦喜以蘿蔔芽菜（俗稱蘿蔔嬰）佐食。綠色芽菜因富含葉綠素和較多的纖維素，而更加符合現代人所追求之健康食品的標準。其生產期短，亦使其成為颱風過後之最佳補充綠色葉菜。因此，生產清潔衛生，供生食或熟食之綠色芽菜的培育技術，乃成為各方所殷求。

用植物種子在短時間內培育成可供食用的嫩芽，在有系統的設備及規劃下，此種生產過程宛如一條生產線，因而博得了「植物芽菜工廠」的美名。目前農業生產日益趨向精緻化及高品質化，植物芽菜工廠的產品正合於此一目標。尤其近年來綠色豌豆芽菜，已廣受消費大衆所喜愛，本文擬就其生產技術詳加說明，以供業者及家庭趣味栽培者參考。

* 本研究承蒙行政院農委會經費補助，謹此致謝。
** 作者依序為種苗改良繁殖場副研究員兼課長、副研究員、約聘助理。

二、材料及方法

(一)供試豌豆品種

本文中除非特別聲明，所用的豆子均為自澳洲進口的食品級褐色豌豆品種（Dun pea）。在品種比較試驗中，則加入台中9號、11號及12號、法國大莢、FM007、008、009、010及011、Maple，Marrowfat，Perfection Dark Skin 和 White Peas 等國內外引進之品種和種子級之 Dun Pea 供試（圖1）。

(二)種子浸種

將豌豆種子用清水冲洗後，以慢速流動水浸種2～24小時。浸種後用0.5%次氯酸鈣浸泡30分鐘，隨即播在60×30×3公分的水稻育苗盤內，盤內放置二層黃褐色吸水紙。種子浸水時間、吸水量、大小、成熟度及硬實率等對芽菜生產的影響，一一記錄分析之。種子滲漏值是用電導度測定機（Suntex SC-17A）單粒測定所得。

(三)播種介質及播種量

為了解不同介質及播種量對芽菜生產的影響，在60×30×3公分的水稻育苗盤內不充塡或充塡約2公分高之真珠石、蛭石、鋸木屑粉、稻殼、粉碎玉米穗軸、碎泡棉等或每盤裝塡40公克之 PEG（Polyethylene Glycol, MW 6,000,碎片狀）。此外，有一處理為每盤內充塡2公分高之稻殼混入10公克 PEG，另一處理為盤內舖放二層黃褐色吸水紙，總共10個處理。

播種量試驗，以乾燥種子200、250、300、350、400、450、500和550公克浸種後播於盤內，記錄芽菜產量，並分析每公克乾燥種子換算成新鮮芽菜之產量指數。

(四)黑暗及光照培育

播種後的育苗盤，用鐵架間隔，放置於不照光之生長箱內，其溫度維持於23±3℃，隨時加濕或視需要澆水，使種子保持濕潤而發芽整齊。經2-6天暗期培育，種子萌芽8-13公分左右，移出於溫室內照光。上面並架設一層75%遮陰網，降低晴天光照量。澆水以定時噴霧或人工定時澆灌之。芽菜生育期間，調查生長速度和種子乾物重之變化及轉移。乾物重的測定為將材料置於70℃烘箱中48小時後稱重而得。光照培育期計4-6天，視溫度高低而異。

(五)芽菜採收

以剪刀採收嫩芽，最下端殘留2公分，其餘部份全部採收、稱重。並以抗切割力物性測定儀（Rheometer N.R.M. 201JCW, g／cm²）測定每間隔1公分之幼芽的纖維含量變化。

(六)標準試驗

除非特別說明之試驗項目，其餘的試驗都是以四百公克澳洲褐色豌豆品種，浸種6小時，經0.5%次氯酸鈣浸泡30分鐘後，播種於鋪放二層黃色吸水紙之60×30×3公分的水稻育苗盤內，在暗期，23±3℃培育4天，再移到架有一層75%遮陰網之玻璃溫室內光照4天。採收時由種子部份算起2公分以上的綠色幼芽，採取稱重比較之。所有試驗均為四重覆。

三、結　果

(一)品種比較試驗

在供試十三個品種中，除了對照組之 Dun pea 為食品級外，其他都是種子級種子。當中以法國大莢、台中9號、11號和12號產量皆不遜於對照之 Dun pea，法國大莢產量最高，台

中11號次之。FM-008，Marrowfat，Perfection Dark Skin 和 White pea 等品種產量遠低於對照品種，且種子腐爛嚴重（圖 2），豆苗收量不及對照種之 20%。Dun pea 每公克乾燥種子的芽菜產量指數為 1.55～1.65 之間，視培育條件而異。以株高而言，台中 9 號最高，平均為 12.5 公分，因此，豆苗較為瘦長。台中 11 號、12 號及 FM-007 株高在 10～10.5 公分之間，Dun pea 為 9.5～10 公分高；法國大莢約 8.75 公分，幼苗較粗壯（圖 3）。

(二)種子品質、浸種與產量之相關

(1)種子大小

Dun pea 種子先經初步精選，去除破碎及不飽滿種子後，再經 ♯12（孔目 12／64 吋）或 ♯14（孔目 14／64 吋）篩網分出大小，或再經比重分離機精選。不同等級之種子對芽菜產量的影響均不顯著。

(2)種子成熟度與硬實率

Dun pea 愈近成熟的種子，由綠色漸轉為赤褐色。因此由種子的顏色可區分為綠熟及褐熟兩級別。二者以綠熟種子產量較高，約多 25%（圖 4）。在浸種過程中，種子浸水 12 小時以上，種皮仍皺縮而子粒堅硬者，在本試驗中通稱為硬實種子。綠熟種子中，硬實種子佔 6% 左右，紅熟種子僅佔約 1%。但綠色硬實種子播種後平均發芽速度較快，約 2.58 日，紅色硬實種子為 3.23 日，非硬實種子發芽只需 1.13 天。

(3)浸種時間與種子吸水量及滲漏值之變化

在浸種 2-24 小時之測驗中，種子浸水 4 小時後吸水力趨緩。浸水 6-8 小時的吸水量，其溼重與乾重之比值約介於 1.63～1.69 之間，浸種 24 小時之吸水指數為 1.83。因此一般生產操作，浸種時間 6-8 小時，種子吸水已達60%以上。浸種時間超過 12 小時，種子腐爛率增加。

乾燥種子一浸水後，即有電解質由種皮中滲漏出來。以電導度測定儀（Suntex SC-17A）測量電導度（μA／seed／4c.c.）時發現，綠色種子之前 4 小時滲漏值較低，平均為 14.98，紅色種子則為20.08。但浸水 8 小時後二者滲漏值相近約為24。隨著浸水時間加長，種子滲漏值增加。在24小時後量得綠色種子為30.87，紅色種子為41.80。由此項實驗顯示，Dun pea 浸種時間愈長，種子滲漏愈多。

(三)播種介質及播種量

播種介質之比較試驗結果顯示，保水力強的介質，豆苗產量較高。稻殼中添加 PEG 比單獨使用 PEG 效果好，其產量和使用泡棉為介質者相近，較吸水紙約高出15～20%。以真珠石為介質，產量最差，比吸水紙低28%。其餘之介質，效果中等。

每盤播種量200～550公克之試驗中，單位面積產量以550公克播種量最高，但換算為每公克芽菜產量指數，則以350～400公克播種量之芽菜產量指數最高，約為1.63。

(四)黑暗及光照培育

(1)黑暗培育

豌豆種子播種後，在黑暗之生長箱內培育2-6天，其暗期的長短與芽菜產量有關。黑暗培育3-4天後移出照光（圖 5），綠色芽菜產量最高。暗期過長除了產量降低外，幼苗形狀太瘦長，亦是缺點。

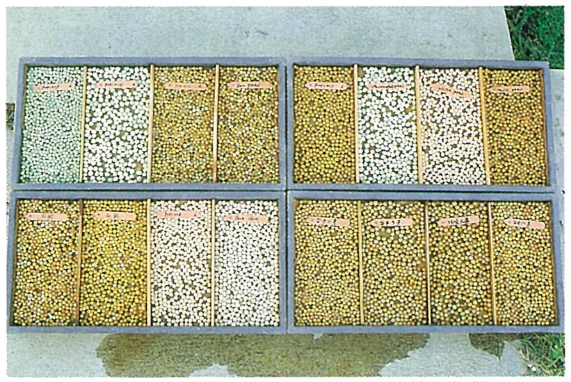


圖1．不同豌豆品種，種皮顏色及皺縮情形相異。

圖2．White pea豌豆品種播種後第四天種子腐爛情形。

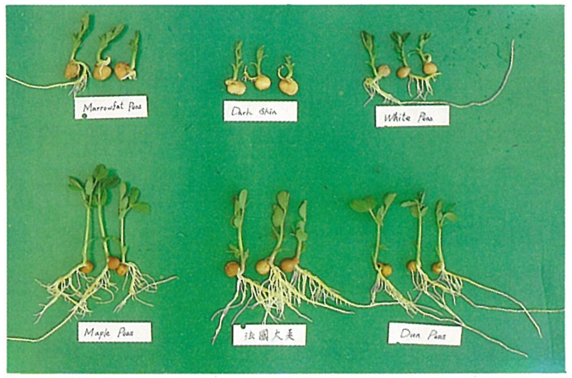


圖3．不同品種豌豆播種後第六天之生長情形。

圖4．綠色及褐紅色 Dun pea播種後第七天之生育情形。

圖5．豌豆種子播種後第四天自黑暗生長箱移出之情形。

圖6．在一層遮陰網下光照培育 2天（左）及 4天（右）之豌豆芽。

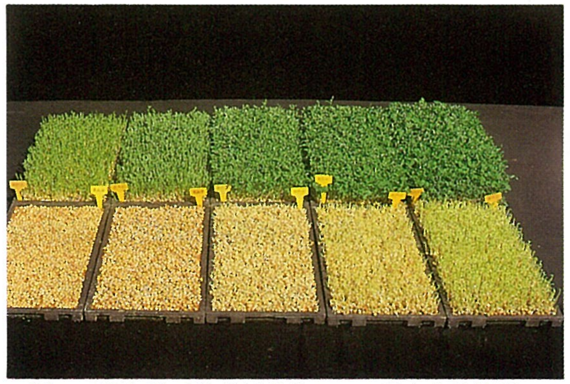


圖7．綠色豌豆芽菜播種後 0～9 天之生長情形。

圖8．綠色豌豆芽播種後 1～9 天之生長情形。

(2)光照培育

光照培育期，晴天溫度為23～30℃之範圍內，遮一層遮陰網，可使芽菜較鮮嫩（圖 6）。但陽光不足時，仍以不遮陰為宜。光照培育時間之長短與室外氣溫有關，氣溫低於20℃時，需6-8天才能達採收標準（圖 7）。溫度愈低，需時愈長。中、高溫期（22～28℃）約 4 天即可採收。播種後由黑暗到光照培育之生長情形見圖 7、8 。

(3)種子乾物重之變化及轉移

豌豆種子自發芽開始，乾物重即開始部份轉移到根和地上部的幼苗上。芽菜採收時，仍有約45%的乾物重保存在種子內。地上部僅佔總乾物重的18.63%。採收時，全株及種子的總乾物量為為豆子乾物重的75%左右，可見芽菜培育中並無淨生長，而實際上約有25%的養分消耗。

(五)芽菜採收及貯藏

芽菜長到10～12公分時為理想的採收時間，超過此一高度，幼苗基部纖維量迅速增加，採收部位必須提高，因此對產量並無多大幫助。且卷鬚出現後，可能有礙於食用時的口感。採收後的豌豆芽菜宜保存於25℃以下，儘早食用為宜。在 5℃下保存，芽菜品質優於保存於25℃者。

四、討論與結論

目前一般栽培者是以澳洲進口之食品級 Dun pea 作為種子，生產綠色芽菜。其價格不高，每公斤價格在15元上下。種子經一次精選，去掉破碎及不太飽滿的粒子後，發芽率皆在85%以上，頗適合供芽菜生產之用。且 Dun pea 種子發芽迅速，幼苗尚粗壯，種子也不易腐爛，是其優點。法國大莢無論芽菜產量或品質均佳。唯本試驗係採用種子級的種子，價格高出4～5倍。若能尋求價廉之食品級來源，亦屬合宜。成熟時種皮呈黃白色或綠色之豌豆品種供作芽菜培育時，多半容易腐爛。紅褐色之品種則無此缺點，可能是因種皮內含有某種成份，如單寧酸，會抑制微生物的生長所致。種子直徑大於 7mm 者，有 FM-010, Marrowfat 和 Perfection Dark Skin 等三個品種，而三者恰好都非紅褐色種子。種子大小是否亦與腐爛率相關，由本實驗之數據，尚無法認定。種子大小與芽菜產量之關係亦難判定。

種子浸種時，會吸收水份供發芽之用。一般豆類種子吸水 60～80% 即足夠發芽（Prokof′ev et al., 1983）。本試驗所得之數據顯示，浸水 6-8 小時的豌豆種子吸水已達總重量之60～70%。浸水 12 小時以上，吸水量則超過 80%，對種子發芽之促進應無多大助益，且種子滲漏值增加，尤其是褐熟級種子滲漏值平均高於綠熟種子。同品種內種子顏色不同，滲漏值不同的現象在其他豌豆品種也有報導（Short & Lacy, 1976）。同品種內，滲漏值高的種子，活勢較差（Hosnedl & Behal, 1984）。此多少說明了褐熟種子芽菜產量較低之原因。品種間則種皮光滑者較皺縮者滲漏值高（Fowland & Gusta, 1977）。本實驗中 White pea 及 FM-008 兩品種種皮較光滑，種子腐爛率亦相對提高。此乃因滲出物中含有醣類、鹽類、氨基酸等成份，易招致微生物滋長之故（Short & Lacy, 1976）。

種子浸種時間過長，也會降低種子氧氣的吸取量，雖然豌豆種子吸水初期所需氧量不高，但提高氧的分壓，仍可促進其發芽速率（Al-Ani et al., 1982）。除此之外，種子浸水時間愈久，種皮破裂、脫落之比例提高，會造成種子滲漏和腐爛情形之增加（Short & Lacy, 1976）。

硬實種子的種皮，因水份和氧氣之滲透較差，使發芽減緩（Come, 1975）。但綠色 Dun pea 之硬實種子發芽仍較紅色者快，此再次顯示同品種內種皮顏色與種皮構造、滲漏值高低及種子活勢均相關，而間接影響芽菜的產量。

在播種介質的研究中，培育豌豆芽理想的介質應具備價廉、容易取用、不含有害成份、不帶病蟲害、可供應適當水份與空氣供種子發芽生長等條件。且用畢之介質最好是容易處理、不會造成環境污染為原則。現業者常用之泡綿，有不明成份及環境污染之雙種問題，雖然其保水力強，使用效果好，但若能添加定時灑水設備，應考慮改用其他材料。在本實驗中，許多材料之效果都不錯，如吸水紙、粉碎玉米穗軸、鋸木屑粉、蛭石等。甚至在無介質狀況下，若水份供應不成問題，也不失為好方法。至於該選用何種介質，除了有害物質及污染問題必須重視外，主要以經濟和方便性之考量為主。

豆類的幼芽富含7.0～8.7%蛋白質，0.8～1.5%脂質，2.4～3.1%纖維素，10.7～22.7%醣類和0.7～1.4%之灰分，每百公克熱量為80～128千卡（Chen et al., 1975），是很好的健康食品。其中白色綠豆芽和黃豆芽所食用的部位為其短粗的下胚軸和尚未張開的子葉。豌豆苗卻是食用其上胚軸和真葉，子葉則仍留在種皮內。在短短的十天左右之培育期間，子葉的貯藏養分仍未完全用盡，此由乾物重尚殘存45%於種子內即可明瞭。此部份的養分如何再有效利用為飼料、堆肥，或使其加速轉移到幼苗生長，仍值得研究。

五、參考文獻

1. Al-Ani, A., J. M. LeBlanc, P. Raymond and A. Pradet. 1982. Effect of oxygen partial pressure on the germination rate of fatty and starchy seeds: the role of fermentative metabolism. Comptes Rendus Hebdomadaires des Seances de l'Academie des Sciences III 295: 271–274.
2. Chen, L. H., C. E. Wells and J. R. Fordham. 1975. Germinated seeds for human consumption. J. Food Sci. 40: 1290–1294.
3. Come, D. 1975. Role of water, oxygen and temperature in germination. Univ. Pierre et Marie Curie, Gauthier-Villars 27–44. (Abstract)
4. Hosnedl, V. and J. Behal. 1984. Use of the individual conductometric test for seed vigor determination in peas. Wissenschaftliche Beitrage, Martin-Luther-Universitat Halle-Wittenberg No. 53: 119–134.
5. Prokofév, A. A., N. V. Obrucheva, L. S. Kovadlo, L. K. Kulieva and I. S. Kozhemyakina. 1983. The critical level of seed water content for initiation of germination. Fiziologiya Rastenii 30: 178–183. (Abstract)
6. Rowland, G. G. and L. V. Gusta. 1977. Effects of soaking, seed moisture content, temperature and seed leakage on germination of faba beans (*Vicia faba*) and peas (*Pisum sativum*). Can. J. Plant Sci. 57: 401–406.
7. Short, G. E. and M. L. Lacy. 1976. Carbohydrate exudation from pea seeds: effect of cultivar, seed age, seed color, and temperature. Phytopathology 66: 182–187.

討　　論

高德錚（台中區農業改良場）問：

國外生產芽菜時常使用次氯酸鈣 700ppm 來消毒器皿而非用來種子消毒用，請問0.5%的次氯酸鈣消毒種子30分是否會造成殘留或危害種子發芽？

何偉真（種苗改良繁殖場）答：

以食品級0.5%次氯酸鈣消毒種子30分，8天後採收經過多次澆水後產品應無安全顧慮，因次氯酸鈉易造成毒害只推薦用來消毒容器。

廖芳心（桃園區農業改良場）問：

豌豆芽生產夏季高溫是個障礙，若欲周年生產該如何克服？

何偉真（種苗改良繁殖場）答：

夏季生產已不是問題，因較具規模的業者，以立體栽培方式，再加上空調催芽，和適當的遮陰降溫即可在夏季生產，在成本上，仍具有其經濟效益。

鄔錫正（桃園縣政府）問：

芽菜採收後殘存部分（下游產品）是否有更好的利用途徑？

何偉真（種苗改良繁殖場）答：

無公害介質可連同殘留物作堆肥，或是轉洽畜牧業當飼料。

蔡尙光（台北市）問：

紫外線來進行消毒是利用怎麼樣的一個系統來照射？

何偉真（種苗改良繁殖場）答：

一定厚度的水經過某一強度之紫外線照某一段時間可達到消毒目的，而在水流之某部份，照射紫外線可抑制長青苔，而鮮花保鮮處理上，亦可用紫外線進行消毒。

STUDY ON PRODUCTION OF PEA SPROUT

Wai-jane Ho, Pan-kong Huang, Cheng-hsiung Lin**
Associate Horticulturist, Associate Horticulturist, Research Assistant Research
Department, Taiwan Seed Improvement and Propagation Station

ABSTRACT

The experimental data revealed that the Australian Dun pea was cheap and good for green pea sprout production. Pea seeds of four hundred grams, soaked in running water for 6–8 hours, disinfected by 0.5% calcium hypochlorite, were sown in 60 x 30 x 3 cm rice seeding tray for germination. The trays with seeds in were firstly kept in dark at 23 ± 3°C in incubator for 4 days. Then, they were transeferred to greenhouse where one layer of 75% black shading material was used to decrease the light intensity and temperature. The greening of etiolated pea sprout in light condition took 4–6 days in greenhouse for the formation of chlorophyll and the expanding of young leaves. The green sprout was harvested when it reached the height of 10–12 cm. The harvest index for per gram of dry seed was 1.63. The growth and yield of sprout were related to the temperature, seed soaking time, seeding rate, growing media, seed quality, dark and light culture periods, but not to the size of seeds. The high quality green pea sprout produced had better be consumed as soon as possible after they were harvested.

溫度、光照、氮肥、收穫後貯藏及烹調方式對設施蔬菜品質之影響*

張盛添　高德錚　梁純玲　王夏玲　張惠真**
台中區農業改良場

摘　要

設施蔬菜是近年來超級市場消費群的新寵兒，而其品質特性卻也成為報章雜誌經常討論的焦點。因之，本試驗乃針對溫度、日照強度（遮陰）及氮肥等環境效應來探討設施蔬菜中蛋白質、葉綠素、粗纖維、澱粉、NO_3—N、NO_2—N、游離醣及游離氨基酸之變化。試驗以青梗白菜為材料，利用氣根式水耕箱，在人工控制之生長室中進行生長分析。進一步探討收穫後之貯藏方式（套塑膠袋與否）、貯藏溫度（10℃，30℃）及烹調方式（水煮、油炒）等對設施白菜品質之影響。茲將試驗成果分述如下：

1. 青梗白菜體內NO_3—N之分佈以葉柄最多（62.1%），其次為葉片（25.9%）及根部（12.0%），而NO_2—N之含量則大部分集中於根部（96.9%）。隨氮素濃度增加時，增量之NO_3—N蓄積於葉片及葉柄，但NO_2—N則顯著地蓄積於葉片，但總NO_2—N量反降低。
2. 增施氮肥有利於葉片中蛋白質、粗纖維及灰分含量增加，但澱粉、游離醣及游離氨基酸含量則下降。
3. 葉片內之粗纖維、葉綠素及維生素C含量因遮陰處理而降低，其他成分則無顯著變化。
4. 隨入射光照及氣溫的增加，葉片中之NO_3—N及NO_2—N之含量均大幅增加。
5. 在高溫及低光照下青梗白菜葉片中之NRase及NiRase活性低下，甚至高氮肥及低光照下亦會抑制諸酵素之活性。
6. 以套塑膠袋之貯藏方式10℃冷藏較能保持水耕白菜之新鮮外貌。
7. 採收後24小時內以30℃貯藏之水耕白菜其根系仍具活性，且再浸水時仍能回復其新鮮外貌。
8. 隨著水煮時間之增長，100℃之水煮處理會減少白菜中之蛋白質、澱粉及游離醣之含量，而游離氨基酸、葉綠素、NO_3—N及NO_2—N之含量則增加，且湯中之NO_3—N及NO_2—N含量亦逐漸增加，此顯示100℃之水煮處理會增加葉片中NO_3—N之水解。
9. 油炒處理亦會減少葉片中NO_3—N含量，而NO_2—N及葉綠素含量則反增加，而且隨油炒溫度之增加亦會降低葉片中葉綠素含量。

因之，高溫、低光照及高氮肥均導致設施蔬菜品質之劣變，而若設法減少烹調時間及溫度，並以套袋低溫貯藏將最能保持設施蔬菜之品質。

＊本計畫承蒙中正基金會經費補助。
＊＊台中區農業改良場助理、副研究員、技工、約僱助理、助理。

一、前　言

從民國73年7月起，配合台灣省政府邱主席提倡之精緻農業政策，省農林廳在本省西部之蔬菜專業區中推行高架隧道式網溫室蔬菜栽培技術，生產蔬菜以 300公克之塑膠袋包裝，並冠以精緻蔬菜而直銷於大都市之超級市場，成為超市消費群之新寵兒。本省慣行之蔬菜生產方式，大都以露地栽培為主，由於露地栽培容易受到天候環境的影響，尤其在夏季由於颱風豪雨的侵襲及冬季寒流降霜的影響，在產量及品質上一直無法達至理想地步。近年來為改善蔬菜的生產技術，引進了簡易設施栽培技術，的確也提高了蔬菜的產量及品質。唯本省位處亞熱帶，夏季設施內高溫、低相對濕度，及為了降溫而採用黑色遮陰網覆蓋之低光照，與網溫室連棟後造成設施內通風不良，二氧化碳濃度下降之困擾，均易導致設施蔬菜品質之劣化。

根據作者等研究調查(2)，設施蔬菜的蛋白質、脂肪、維生素含量與市售露地栽培蔬菜無顯著差異，但澱粉含量較高，纖維及葉綠素含量則較低，值得注意的是NO_3-N 及NO_2-N 含量在市售露地栽培的蔬菜含量數高，此可能與農友在氮肥之施用習慣有關。

近年來食品、蔬菜及飲水中硝酸鹽含量的問題逐漸被重視。由於蔬菜或飲食中含有之硝酸鹽可因人類唾液中或其他微生物之硝酸鹽還原酵素將之還原為亞硝酸鹽，而亞硝酸鹽在酸性狀況下，易與二級或三級胺反應形成亞硝酸胺（13,22）而此物質可能致癌（16,23）；再者，近年來亦發現食物中之亞硝酸鹽含量與人類之變性白色蛋白血症（ methaemoglobinaemta ）有關(16)，換言之，人體血液含過多之亞硝酸鹽時會阻礙血紅素攜氧作用，進而導致病人發生缺氧病徵。亞硝酸鹽本身亦為一種誘變劑，能取代 DNA 鹽基上 NH_2 的位置，造成 DNA 鹽基組成的突變，而發生組織不正常的生長(14)。又據國外學者之估計（17,22），有90%之致癌性亞硝酸鹽基化合物是內生的，而生物中內生性亞硝酸鹽與硝酸鹽有72%來自蔬菜，而肉類食品約佔10%及其他食物約佔18%（10,17,23）。Tremp (19)發現瑞士人每日平均攝食了91.9mg之硝酸鹽，其來源大部分來自蔬菜佔69.9%，其次為飲水佔19.0%。水若以美國藥物食品檢驗總署（FDA）之建議一位60公斤的人，其每日所吃的食物中，硝酸鹽含量最好不要超過230mg。因之，若依衛生署建議國人每日應食用300公克蔬菜量而言，則蔬菜中硝酸鹽含量應為766ppm。據此可知設施蔬菜之品質，實有待吾人深入之探討。因之，本試驗乃藉由人工氣候室之控制環境下以作者等開發之氣根式栽培箱及水耕栽培技術來栽培青梗白菜，藉以探討氮肥、光照、高溫等因子對蔬菜品質之影響，並進一步探討如何烹煮及貯藏設施蔬菜，以提高及保持其品質。

二、溫度、光照及氮肥效應

作物生育過程有其最適宜之溫度及光照，唯在盛夏之際，設施內通風不良所造成之高溫，相對濕度低下，又加上黑色遮陰網之遮陰效應，使設施內之蔬菜必需在氣溫高達35—40℃，相對濕度在40—50%及最大入射照明度僅15000—2000Lux 下生長(3)；此有異於大氣之生長環境，是否

會造成蔬菜生育障礙，實有待深入探討。作者等為了解溫度、光照及氮肥之交感效應對蔬菜生育影響，乃以青梗白菜（*Brassica chinensis* L.）為材料，在人工氣候室中將日夜溫度處理分成35℃／30℃及25℃／20℃二種，入射光照處理光源為高壓鈉燈，光度處理計由6.9Klux 至55.8 Klux 間五種。又作物以移栽方式，先將青梗白菜培育至2—3本葉時，再移入本場開發之氣根式水耕栽培箱中，而水耕液處理有2S，3S二種，S者乃為本場開發之蔬菜通用配方（表 1），2S配方之總氮素量（NO_3-N＋NH_4-N）為182ppm，而3S配方之總氮素量為273ppm。各處理植株待生長至 8 葉齡時，即行收穫，並取第 6 葉齡之完全展開葉片進行化學組成分之分析。圖 1 為青梗白菜在20Klux光照，25℃，及2S或3S配方時植物體內NO_3-N及NO_2-N之分佈。在2S配方下以NO_3-N 而言，葉柄佔62.1%，其葉片佔25.9%，根部最少為12.0%；NO_2-N 之分佈則不同，以根部之96.9%佔最多，其次為葉片之2.5%及葉柄之0.6%。當養液配方由2S提高至3S時，植株中會蓄積更多之NO_3-N。在2S配方下，全株之NO_3-N 含量為1251ppm，而3S配方下則NO_3-N 含量昇至2109 ppm，但NO_2-N 之含量則相反，2S下全株含量為29ppm，至3S時則降至5ppm。就NO_3-N 及NO_2-N 在植物體內之分佈比率而言，當養液配方由2S升至3S時，葉片中之NO_3-N由25.9%昇至30.3%，而NO_2-N 之含量則由2.5%昇至28.5%。換言之，增施氮肥會導致較多NO_3-N 在植株之地上部累積，而NO_2-N則雖在分佈比率上葉片有增多之趨勢，唯全株之總含量則反而減少，此點是否與葉片中硝酸還原酵素（Nitrate reductase, NRase）及亞硝酸還原酵素（Nitrite reductase, NiRase）的活性因應溫度、光照及氮肥之交感效應有關，則尚待進一步之證實。

此外，增施氮肥可否改變青梗白菜葉片中其他化學物質成分？此點由表 2 之數據可知，當養液配方由2S昇至3S時，葉片中之蛋白質、葉綠素、粗纖維及灰分等含量亦隨之顯著地提高，而

表 1、台中區農業改良場水耕通用配方（S）之成分量

Table 1. The hydroponic nutrient composition for common culture prepared by Taichung DAIS.

要素別	成分量 (mg／l)		
	S	2S	3S
$Ca(NO_3)_2 . 4H_2O$	236	472	708
KNO_3	404	808	1,212
$MgSO_4 . 7H_2O$	123	246	369
$NH_4H_2PO_4$	57	114	171
Fe-EDTA	20	20	20
H_3BO_3	1.2	1.2	1.2
$MnCl_2 . 4H_2O$	0.72	0.72	0.72
$CuSO_4 . 5H_2O$	0.04	0.04	0.04
$ZnSO_4 . H_3O$	0.09	0.09	0.09
$Na_2MoO_4 . 2H_2O$	0.01	0.01	0.01

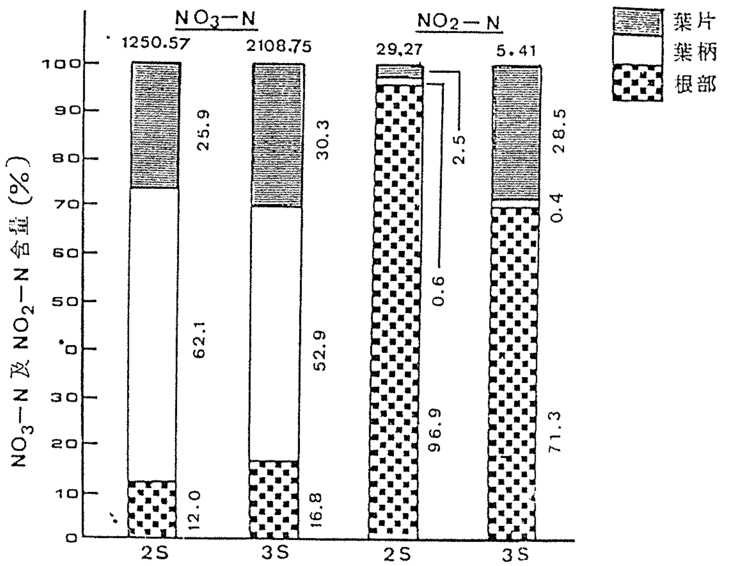


圖 1 化學氮素對青梗白菜 NO_2-N 及 NO_2-N含量之影響（ppm，%）

Fig. 1. Effect of chemical nitrogen on the NO_3-N and NO_2-N content of Pai-Tsai.

表 2 氮素濃度對青梗白菜化學成分之影響（%）

Table 2. Effects of different nitrogen rates on the chemical component of Pai-Tsai.

化學成分	氮肥用量	
	2S	3S
蛋白質	25.70b*	28.33a
游離氨基酸	0.82a	0.72b
澱粉	2.48a	2.18a
游離醣	7.73a	5.83b
葉綠素	0.035b	0.049a
粗纖維	12.0.3a	12.88a
灰分	12.97b	22.48a
水分	93.55a	93.23a

＊角碼英文字母表DMRT5%顯著值

游離氨基酸、澱粉、游離醣等成分則顯著地下降。此意味著，增施氮肥除增加植株葉片葉綠素外，因纖維質較多，甜度少及口感較差。

盛夏之際，設施內通風不良導致高室溫的困擾是十分嚴重的問題，若為了降低設施內溫度而做的遮陰處理，則不但未能真正達到降溫的目的，反而降低設施內入射日照量至20—30Klux（2,6）。在此種環境下所生產之蔬菜品質如何？圖 2 明確顯示隨著入射照明度之增加，青梗白菜葉片中

NO_3-N 含量亦隨之增加，且在35℃高溫時，其增加的幅度又較25℃為大。就NO_2-N含量而言（圖 3），隨入射照明度的增加，其NO_2-N 含量亦增加，其中於35℃高溫時，增加幅度更大，值得我們注意。

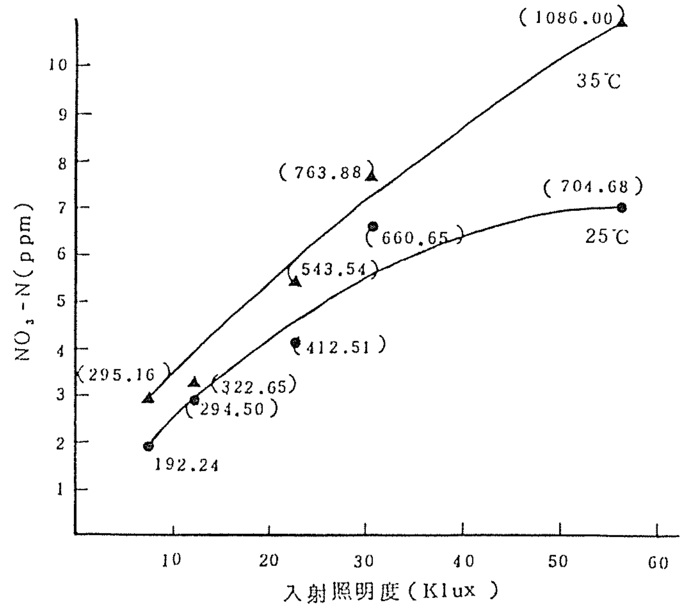


圖 2 入射照明度及氣溫對青梗白菜葉片中 NO_3-N 含量之影響

Fig. 2. Effect of light intensity and temperature on the NO_3-N content of Pai-Tsai.

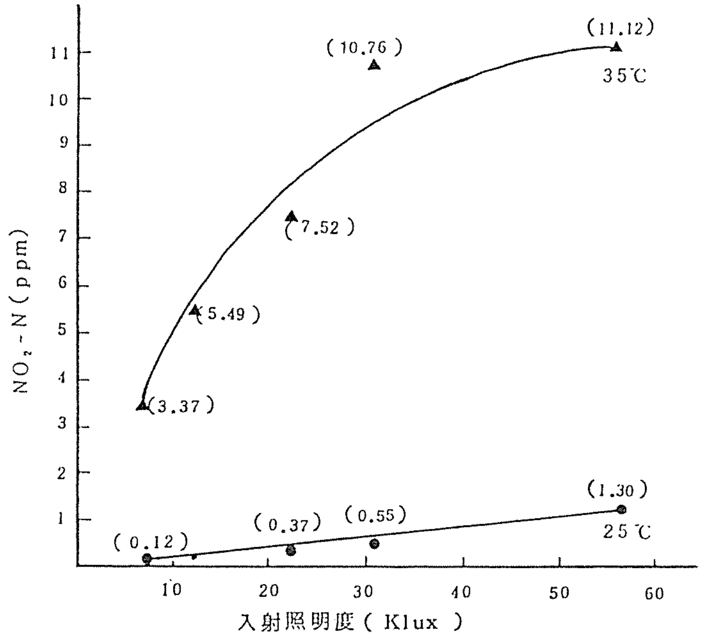


圖 3 入射照明度及氣溫對青梗白菜葉片中NO_2-N含量之影響

Fig. 3. Effect of light intensity and temperature on the NO_2-N content of Pai-Tsai.

遮陰處理以後，蔬菜因日照量的不同，而有不同的表現，表 3 顯示澱粉之含量，以遮陰30%者含量最高，當遮陰達50%，澱粉含量減少，而粗纖維、葉綠素、維生素 C 之含量，則因遮陰率的增加而含量降低，其他成分則無顯著的變化。

表 3 遮陰處理對青梗白菜葉片中化學成分之影響（%）

Table 3. Effects of shading treatment on the chemical component of Pai-Tsai.

營養成分	對照	遮	陰
	%	30%	50%
蛋白質	1.42ab*	1.74a	1.36b
脂肪	0.15a	0.13a	0.15a
澱粉	7.80b	9.41a	5.43c
粗纖維	0.42a	0.34b	0.17c
葉綠素	0.44a	0.29b	0.15c
維生素A	0.31ab	0.29b	0.37a
維生素C	0.041a	0.029b	0.026b

＊角碼英文字母表DMRT5%顯著值

三、NRase 及 NiRase 之效應

植物生長所需之氮素源大致分成NO_3-N 及 NH_4-N兩種，經由根部吸收之 NH_4-N 在Glutamate dehydrogenase（GDH）或 Glutamine synthetase（GS）及 Glutamate synthase（GOGAT）等酵素之作用直接將NH_4-N併人有機氮的代謝循環，而NO_3-N則另需 NRase 和 NiRase 之代謝路徑及一些尚未知曉之中間反應步驟始能還原有機氮的代謝循環（7,14,18）。NH_4 一旦由根部吸收，作物即刻將之代謝成有機氮，而NO_3-N 則大部分需經長程運輸至地上葉部還原。因之，就代謝速率而言，NH_4-N 大於 NO_3-N。唯因根部之NH_4-N 轉化酵素（酶），其對受質（substrate）的收受度及親和力不高，當受質量過多時，會導致 NH_4-N 之累積及造成植物的氨中毒現象，故以 NH_4-N 態施肥或採水耕栽培時，不宜施用過多之 NH_4-N 態肥，而以 NH_4：NO_3＝1：8—12較為當。而植株體內過的NO_3-N，雖不至於引起植物中毒，的確亦可降低商品價植。因主導 NO_3-N 代謝作用之 NRase 及 NiRase 的活性受到溫度、作物品種、栽培季節及氮肥施用量等影響(8,9,12,20,21)。故本試驗以不同溫度(25℃及35℃)、光照（為6Klux 及12Klux），氮肥（182ppm 及273ppm）處理，在生長箱中栽培青梗白菜，待白菜育苗至2—3葉齡後移人氣根式設施行水耕栽培，至5—6葉全開時取樣，以 in vivo 法測定 NRase 及 NiRase 之酵素活性(15)。由表 4，光照、溫度及氮肥效應對酵素蛋白含量之變化得知，在高光照（12Klux）下隨氮素濃度的增加，酵素蛋白含量亦增加。於低光照（16Klux）下，則隨氮素濃度之增加，酵素蛋白含量反而降低：酵素蛋白含量於高溫（35℃）時較室溫（25℃），為多。

表 4 光照、溫度及氮肥對酵素蛋白含量之影響（％）

Table 4. Effects of light, temperature and nitrogen on the content of soluble protein.

光照處理	12Klux				6Klux			
溫度處理	25℃		35℃		25℃		35℃	
氮肥處理	2S	3S	2S	3S	2S	3S	2S	3S
酵素蛋白量	0.148	0.245	0.246	0.350	0.223	0.186	0.316	0.207

由表 5，光照、溫度及氮肥對 NRase 活性之影響之結果可知，在6Klux 低光照及35℃高溫時，NRase 之活性較25℃下隨受質氮素濃度及光照之增加，NRase 的活性亦隨之提高；但是當光照度由 12Klux 降至 6Klux 時，酵素活性隨之下降，甚至在35℃及3S氮素濃度下與 12Klux 相比，6Klux 之光照處理會抑制 NRase 之活性。此亦證明上述（圖 1）35℃高溫下青梗白菜葉片中NO_3-N之含量會隨根部吸收量之增加而導致蓄積之事實。如此也意味著在高溫、低光照及施用重肥態勢下，設施蔬菜因 NO_3-N之蓄積過多而葉片表現濃綠現象。

表 5 光照、溫度及氮肥對NRase活性之影響（NO_2-N μmoles.gm^{-1}.hr^{-1}）

Table 5. Effects of light, temperature and nitrogen on the activity of NRase.

光照處理	12KLux				6KLux			
溫度處理	25℃		35℃		25℃		35℃	
氮肥處理	2S	3S	2S	3S	2S	3S	2S	3S
酵素活性	0.97	1.88	0.25	0.79	1.01	1.25	0.76	0.47

至於 NiRase 因光照、溫度及氮肥等因素影響，其變化趨勢如表 6，在12Klux 及 25℃組合及 6Klux 和35℃之組合有促進 NiRase 活性之效果，而 12Klux 和35℃及 6Klux和25℃之組合 NiRase 之活性最差。

據此可知，在適溫下青梗白菜葉片中 NO_2-N 之含量不高。及為何在35℃高溫下全株 NO_2-N 之含量反而不如25℃之處理。原因在高溫及日照較高之環境下會抑制青梗白菜葉片中 NiRase 之活性。

表 6 光照、溫度及氮肥對NiRase活性之影響（NO_2-N μmoles.gm^{-1}.hr^{-1}）

Table 6. Effect of light, temperature and nitrogen on the activity of NiRase.

光照處理	12Klux				6Klux			
溫度處理	25℃		35℃		25℃		35℃	
氮肥處理	2S	3S	2S	3S	2S	3S	2S	3S
酵素活性	0.460	0.454	0.074	0.160	0.254	0.180	0.408	0.308

四、收穫後貯藏方式之影響

由田間或設施內採收後之蔬菜，由於具有田間熱，若逕行包裝則在堆積及運輸過程中易因田間熱之蓄積而導致熱耗損。再者，消費者由市場或超市中買回之蔬菜，若不馬上食用，大致均以塑膠袋包裝再冷藏於冰箱中。由此推算從蔬菜採收至消費者食用之時程至少在36—48小時，在此段時間內是否會因溫度過高而導致品質劣變？由圖 4 之試驗結果，可知設施土耕及水耕蔬菜，在採收運輸及貯藏後分別以塑膠袋及未套塑膠袋方式包裝，並將之分別置於30℃恆溫箱及10℃之冷藏室中進行 3 天之貯藏試驗，則設施蔬菜在套袋處理後，不論是經10℃冷藏或30℃恆溫下貯藏，3 天後其鮮重均能保持在90％左右；在未套袋情形下10℃冷藏處理經 3 天後土耕蔬菜仍然有80％左右的鮮重，而水耕蔬菜則減少了50％的鮮重，已經失去商品價值。但於30℃室溫貯藏情況下，土耕蔬菜於收穫後17小時即失重50％，而水耕蔬菜則於31小時左右才會失重達50％，這意味著水耕蔬菜於室溫未套袋情況下較耐貯藏。坊間小包裝之水耕蔬菜經常連根一起出售而號稱活蔬菜，為了證實這點，作者等將收穫後之水耕蔬菜置於30℃之恆溫下經過12、24、36、48小時後再分別將根部回浸於水中。由圖 5 諸處理之鮮重變化可知，水耕蔬菜於收穫24小時之內，再將其根部浸水，仍能達到100％的鮮重，也就是說於收穫後24小時內，水耕蔬菜之根部仍具正常活性。因之，若要保持設施蔬菜的新鮮外貌，則以套袋及冷藏處理效果較佳。

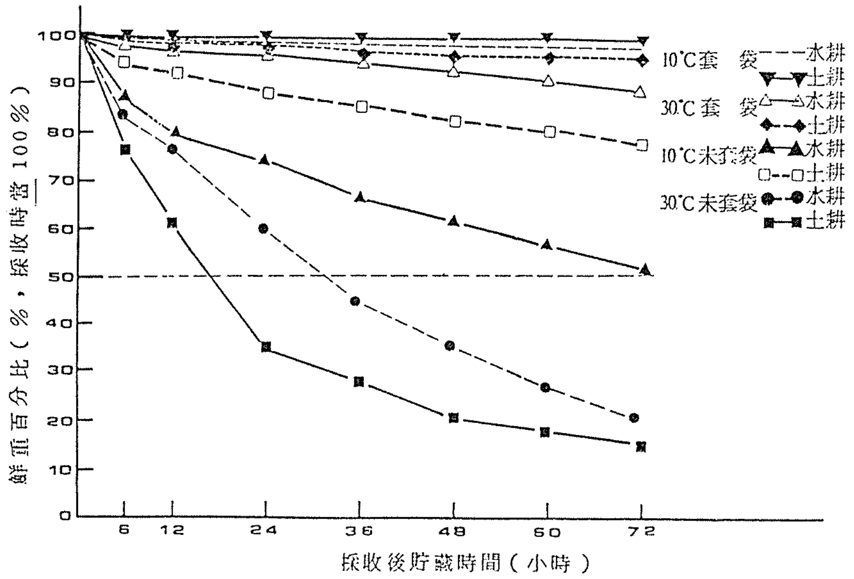


圖 4 貯藏溫度及方式對設施白菜鮮重之影響

Fig. 4. Effect of storage temperature and condition on the fresh weight of facilitated culture's Pai-Tsai.

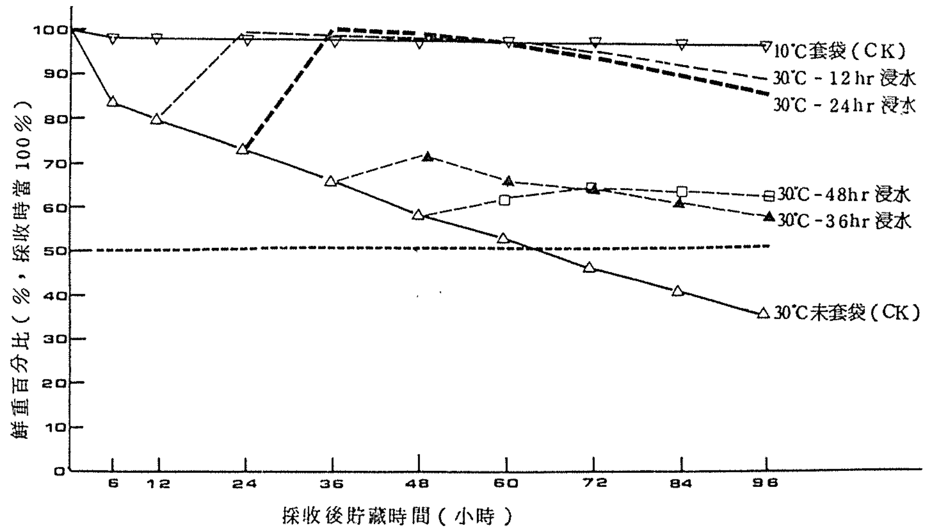


圖 5 貯藏後再浸水對水耕白菜重量之影響

Fig. 5. Effect of soaked in water after harvest on the weight of hydroponic culture's Pai-Tsai.

五、烹調方式之影響

國人的飲食習慣，蔬菜大部要經過各式的烹調後才食用，其中以油炒及水煮方式為多，但是在烹調過程中，會造成營養素含量的變化，而一般膳食營養成份，卻都以生鮮的含量來計算，因此二者之間的差值有待確證。另外現代人所關心的硝酸鹽問題，因為亞硝酸鹽與胺類反應生成致癌物一亞硝酸胺，影響健康而引人注意。而飲食中的硝酸鹽最主要來源為蔬菜（22），因此本試驗以白菜為材料，以水煮及油炒處理來分析其蛋白質、游離氨基酸、澱粉、游離醣、葉綠素、NO_3-N、NO_2-N 等含量之變化。

水煮處理，以100℃分別水煮1,2,及 3 分鐘後取出葉片分析其化學變化。由表 7 結果得知經水煮後葉片的蛋白質、澱粉及游離醣的含量，可能因部分解離至湯中而降低，因此與新鮮葉片的

表 7、水煮時間對白菜新鮮葉片化學成分之影響

Table 7. Effect of boiling time on the chemical component of Pai-Tsai fresh leaf

	蛋白質 (gm / 100 gm)	游離氨基酸 (gm / 100 gm)	澱粉 (gm / 100 gm)	游離醣 (gm / 100 gm)
0 (CK)	1.275a*	0.093a	0.045a	0.395a
1	0.987b	0.152a	0.040b	0.136b
2	0.975b	0.148a	0.035c	0.195b
3	0.975b	0.144b	0.039bc	0.115b

＊角碼英文字母代表 DMRT 5%顯著值。

含量有顯著差異；其中蛋白質、游離醣之含量與水煮時間長短無顯著差異，而澱粉含量則因水煮時間的不同而有顯著差異。游離氨基酸的含量經水煮後，可能因蛋白質的水解而增加，但水煮時間的長短對其含量並無顯著差異。就葉綠素而言，由表 8 得知，新鮮葉片與水煮後的含量有明顯差異，由於水煮後，植物體細胞內水分外流，導致葉綠素相對含量的增加；但是水煮時間的不同對於含量並無顯著差異。由表 9 水煮時間對於 NO_3-N、NO_2-N 含量之影響得知，葉片中 NO_3-N 因水煮後部分流人湯中，因此葉片含量隨水煮時間增加而降低，湯中含量反而增加，但水煮2—3分鐘則無顯著差異。而葉片與湯汁中的 NO_3-N 總量，經水煮 1 分及 3 分鐘其含量較鮮葉片有顯著提高現象，水煮 2 分鐘與新鮮葉片間則無顯著差異。而就 NO_2-N含量而言，水煮後葉片含量顯著增加，而湯汁中含量對於水煮時間的長短並無顯著差異，葉片與湯汁之 NO_2-N 總量，水煮後有明顯的提高。

表 8、水煮時間白菜新鮮葉片綠素含量之影響

Table 8. Effect of boiling time on the chlorophyll content of Pai-Tsai fresh leaf

水煮時間（分）	葉綠素含量（mg／100g） a	b	總量
0 (CK)	29.70b*	10.40b	40.10b
1	42.26a	10.93b	53.18a
2	44.58a	12.76a	57.57a
3	46.85a	13.72a	60.58a

＊角碼英文字母代表 DMRT 5%顯著值

表 9、水煮時間對白菜新鮮葉片中 NO_3-N、NO_2-N 含量之影響

Table 9. Effect of boiling time on the NO_3-N, NO_2-N content of Pai-Tsai fresh leaf.

水煮時間（分）	NO_3—N 葉片 (mg/100g)	湯 (mg/ml of soup)	總量 (mg)	NO_2—N 葉片 (mg/100g)	湯 (mg/ml of soup)	總量 (mg)
0 (CK)	60.48a*	–	60.48c	1.07c	–	1.07b
1	45.92b	16.16/440b	62.08c	1.56a	1.22/440a	2.7ab
2	34.73c	25.38/425a	60.11bc	1.48ab	1.18/425a	2.66a
3	33.65c	27.53/410a	61.18ab	1.38b	1.14/410a	2.52a

＊角碼英文字母代表 DMRT 5%顯著值

在油炒處理中是以油溫控制在100℃、140℃或180℃後，油炒白菜 1 分鐘，並分析葉綠素、NO_3-N 及 NO_2-N 之含量。由表10得知，油炒溫度在100℃及140℃時因植體組織脫水，其葉綠素相對含量均增加，當溫度增至180℃時，則因葉綠素遭受破壞，含量反而降低。

表10、油炒溫度對白菜新鮮葉片葉綠素含量之影響
Table 10. Effect of frying temperature on the chlorophyll content of Pai-Tsai fresh leaf.

油炒溫度 (°C)	葉綠素 (mg／100gm)		
	a	b	總量
C K	29.70c*	10.40c	40.10c
100	32.02b	16.01a	48.03a
140	34.14a	12.58b	46.72b
180	26.43d	9.69c	36613d

* 角碼英文字母代表 DMRT 5%顯著値

表 11 油炒溫度對白菜葉片中 NO_3-N、NO_2-N 含量之影響發現，油溫為100℃及140℃油炒時，NO_3-N 含量明顯下降，當油溫昇高至180℃時，其含量與新鮮葉片無顯著異。而 NO_2-N 含量在100℃及140℃時都有明顯增高（達一倍以上），但油溫至180℃時其含量又開始下降與新鮮葉片間無顯著差異。

表 11 、油炒溫度對白菜新鮮葉片 NO_3-N、NO_2-N 含量之影響
Table 11. Effect of frying temperature on the NO_3-N, NO_2-N content of Pai-Tsai fresh leaf.

油炒溫度 (°C)	NO_3-N (mg / 100 mg)	NO_3-N (mg / 100 mg)
C K	60.47a*	1.07b
100	49.70b	2.69a
140	52.89b	2.92a
180	57.03a	1.33b

* 表內英文字母代表 DMRT 5%顯著值。

六，結　語

綜合以上之試驗資料，可知青梗白菜在35℃、高氮肥及低光照之逆境下，會導致葉片中游離氨基酸和游離醣含量之下降，而粗纖維和葉綠素含量激增，因之口感較差，商品價低落，甚至因諸此逆境交感效應抑制了 NRase 之活性而導致 NO_3-N 之大量蓄積於葉片中。矢澤等(6)在芥菜與光照反應之試驗中，發現隨著遮陰度之增加，芥菜葉片中 NO_3-N 之含量亦隨之激增，但根部 NO_3-N之吸收量卻反而下降。中村（5）則發現葉片中NO_3-N 之含量隨氮素施用量之增加而增加，40%遮陰處理亦有促進葉片中 NO_3-N之蓄積作用，但增加施肥則可減少 NO_3-N之蓄積；此結果與 Cantliffe(9)，Hata(12)，Venter（21）及 Maynard 等(17)之結果相似。據此可知，以降低葉片中 NO_3-N 之立場而言，生產盛夏之設施蔬菜，最重要的應該減少網溫室之連棟及設法增加設施內之通風設備，其次為依蔬菜生育之最低光照度來施以適當之遮陰；同時氮肥之減量施用亦為重要課題。

NRase 及 NiRase 為一種不可逆的誘引型酵素(18)，NRase 係存在於細胞質中，而 NiRase 則存在於葉綠體中（7,14）。因之，當外界環境干擾時，即易因酵素活性低下而導致受質 NO_3-N 或 NO_2-N 之蓄積。由微量元素之立場看來，若植物體缺乏鐵及銅時（7,14）會造成抑制酵素活性，而且亦有學者提(11)亞硝酸鹽基和二、三級胺結合之步驟會受維生素 C 之干擾。因之，今後為解決設施蔬菜葉片中 NO_3-N 或 NO_2-N 蓄積之問題，除了由設施通風降溫及日照量等去考慮外，應可由施肥技術或營養配方改善來增進酵素活性。

本文收穫後貯藏方面的資料已顯示，若能以低溫冷藏及塑膠袋包裝時，較易獲致具商品價值之外觀，此點係與蔬菜之脫水性有關，設施水耕蔬菜因採收後根系仍具活性，而土耕者因採收後無根系，故較不易保存。就生產業者而言，採收後之預冷措施，將可因降低田間熱而延長其新鮮外貌。蔬菜預冷措施，不外是冷水浸，碎冰覆蓋，低溫冷藏及低溫減壓冷藏等方式(4)，本試驗之資料顯示，水耕蔬菜若能採收及立即包裝且在24小時內送至消費者手上，則並不需刻意預冷，而消費者方面買回家後放入冰箱冷藏室中，亦可獲致較長之貯藏期。

蔬菜的含水量高達90%以上，烹調過程中之高溫會加速其脫水，且高溫亦減少維生素 C 之含量(11)。本文之資料顯示，經長時間高溫下烹調過之蔬菜葉綠素之含量顯著地增加，而游離醣、蛋白質和澱粉成分則減少，然而在100℃水煮時，NO_3-N 及 NO_2-N 之成分不但未減，且隨烹煮時間之延長而殘留於湯中，而若改採高溫快速之油炒則有降低 NO_3-N 含量之趨勢。因之，就保存蔬菜之營養而言，最適當之烹調法應為減少蔬菜在長期間高溫的料理。

參考文獻

1. 高德錚　1986　設施園藝栽培技術之研究　造園季刊 1 (4)：37—53
2. 高德錚　1987　動態浮根式葉菜水耕栽培系統之評估　第一屆設施園藝研究會專輯74—94
3. 高德錚　1988　精緻農業水耕栽培技術　行政院青年輔導委員出版
4. 大久保　增太郎　1986　野菜の鮮度保　東京株式會社　養賢堂出版
5. 中村式次郎　1983　葉菜類の生育と硝酸態氮素含量　農業おすび園藝　58(4)：587—588
6. 矢澤進　田中寬幸　並木隆和　1986　光の強キと丸葉コマツチの生體內硝酸態室素の蓄積　京都府立大學學術報告　農學38：1—6
7. Beerers L. and R.H. Hageman 1972 The role of light in nitrate metabolism in higher plants. Photophysiology 7: 85–113.
8. Biederman, R., D. Leu, and W. Vogelsanger, 1980 Nitrate in Nahrungsmitteln, eine Standortsbestimmung. Deutsche Lebensmittel Rundschau. 76: 3–20.
9. Cantliffe, D.J. 1972 Nitrate accumulation in spinach grown under different light intensities. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 97: 152–154.
10. Corre, W.J., and T. Breimer 1979 Nitrate and nitrite in vegetable. Cent. Agr. Pu. Doc., Wageningen.
11. Harris, R.S and E. Karmas 1975 Nutritional Evaluation of Food Processing, The AVI Publishing Company INC.

12. Hata, A., and K. Ogata 1976 Studies on nitrate in horticultural products (part 5). J. Japan. Soc. Food Sci. Tech., 23: 132–137.
13. Kawamura, T., K. Sakai, and F. Myazawa 1971 Studies on the nitrosamines in foods. Journal of the food and Hygiene Seciety of Japan. 12: 192–197.
14. Lehninger, A, L. 1982 Principles of Biochemistry, Worth Publishers, INC.
15. Lin, W.H., and C.H. Kao. 1980 Factors affecting *in vivo* nitrate raductase activity in triticale. Physiol. plant. 48: 361–364.
16. Magee, P.N. and J.M. Barnes. 1956 The production of malignant primary hepate tumors in rat of feeding timcthyl mitrosamine. British Journal of Cancer 10: 114–122.
17. Maynard, D.N., A.V. Baker, P.L.Minotti, and N.H.Peck 1976 Nitrate accumulaiton in vegetables. Adv. Agron. 28: 71–118.
18. Oaks, A. and B. Hirel. 1985 Nitrogen Mefabolism in roots. Ann. Rew. Plant Physiol. 36: 345–365.
19. Tremp, E. 1980 Die Belastung der schwe izerischen Bevölkerung mit Nitraten in der Nahrung. Mitteilungen aufdem Gebiete der Lebensmittelhygit. 71: 182–194.
20. Temperli, A., U. Kunsch, F. Keller, and H. Knijpenga. 1978 Zum Nitratgehalt in Kopfsalat. Schweizerische Landw irtschaftliche Forschung, ½, 75–88.
21. Venter, F. 1983 Der Nirtatgehalt von Endiviensulate (*Cichorium endivia* L.), Gartenbauwiss., 48: 230–238.
22. Vogtmann, H., A.T. Temperli, U. Kunsch, M.Eichenberger and P.Ott. 1984 Accumulation of nitrate in leafy vegetable grown under constrasting agricultural systems. Biological Agriculture and Horticulture. 2: 51–68.
23 Wolff, I.A. and A.E. Wasserman. 1972 Nitrates, Nitrites and nitrosamines. Science 177: 15–19.

討　　論

翁仁憲（中興大學植物系）問：

硝酸還原作用需要由光合作用供應能量，所以取樣時間會左右蔬菜之硝酸鹽含量，請問何時取樣？在烹調過程中葉綠素含量為何會增加？

張盛添（台中區農業改良場）答：

本試驗研究係在人工控制環境下進行，各處理之光源為高壓鈉燈，光照期從每日上午6時至下午6時。而且各樣品取樣時間均在上午10時，此時依預備試驗得知硝酸還原酵素活性最高。又熟調過程中葉綠素會增加之原因，乃因熟調後樣品脫水所致。

沈再發（鳳山熱帶園藝試驗分所）問：

建議白菜分析之項目增加，且除白菜外，對萵苣、莧菜、蕹菜等應做些分析。除溫度、光照和氮濃度外，養液之pH值與硝酸態氮和氨態氮之吸收有關，不知有否做不同pH值之比較？

張盛添（台中區農業改良場）答：

台中場執行設施蔬菜品質之分析項目除一般化學組成分及 NO_3-N，NO_2-N，外，另外維生素A，C及礦物質亦包括之。又供試作物種類則包括白菜類、莧菜、蕹菜、番茄及萵苣等。再者，為了減少環境因子之干擾，各處理除每星期更換新鮮養液外，每2天調整pH值，使之維持在pH=6.0±0.5，又，由預備試驗中得知pH=6.0〜6.5時，葉片中之NRase Nirase之活性最高。

STUDIES ON THE EFFECTS OF TEMPERATURE, LIGHT INTENSITY, CHEMICAL N, COOKING AND POSTHARVEST PROCESS ON QUALITY OF PAI-TSAI (*BRASSICA CHINENSIS* L)

Shenq-tien Chang, Te-chen Kao, Chun-ling Liang,
Shiny-ching Wang, Huey-jane Chang

Assistant, Associate Agronomist, Field Technician, Research Assistant, Assistant

Taichung District Agricultural Improvement Station

ABSTRACT

The objectives of this studies were to investigate the influences of temperature, light intensity and nitrogen fertilizer form on the qualities of Pai-Tsai. Plants were grown in the phytotron using hydroponics, and the chemical composition of the leaf i.e. protein, starch, free sugar, free amino acid, NO_3-N, NO_2-N, fiber, ash and chlorophyll were analysized right

*This project was supported by a grant from C.K.S. fundation.

after harvest. Besides, effects of cooking methods (boiling and frying) and postharvest processes (w/o plastic bag and low temperature) on their qualities were also estimated. The results were summarized as follows.

1. The 62.1% of absorbed NO_3-N were accumulated in the leaf stalk, 25.9% in the leaf blade and 12.0% in the root of Pai-Tsai. The tendency of the NO_3-N accumulation was significantly promoted as additional chemical N was applied to the nutrient solution. However, more than 96.9% of the converted NO_2-N was accumulated in the root, and the amount of accumulation amount was decreased with the increase of chemical N application.
2. With the increase of chemical N, the content of protein, crude fiber and ash in the leaf blade were also enhanced. But decreases in the starch, free sugar and free amino acid concentrations were also observed.
3. Shading treatment resulted in the decrease of the crude fiber, chlorophyll and Vit. C in the leaf blade.
4. The accumulation of NO_3-N and NO_2-N were induced while the light intensity as well as temperature were increased.
5. The NRase and NiRase activity were inhibited both in the high temperature/low light intensity and high chemical N/low light intensity treatments.
6. Postharvest treatments with 10°C storage temperature and with plastic bag were found superior in qualities.
7. The root system of the hydroponic Pai-Tsai stored in 30°C was still alive 24 hours after harvest. Therefore, re-immersing treatment could help to keep Pai-Tsai in good condition.
8. With the prolonged time of boiling, the concentration of protein, starch and free sugar decreased with concurrent increase in the free amino acid, chlorophyll, NO_3-N and NO_2-N in Pai-Tsai. Besides, NO_3-N and NO_2-N content in the soup also significantly increased.
9. Frying increased the content of NO_2-N and chlorophyll, but decreased the NO_3-N in the leaf blade. However, the chlorophyll content was decreased as the frying temperature increases.

Based on the above data it is concluded that high temperature, low light intensity and high chemical N could affect the vegetable quality adversely. It is also suggested to lower the cooking temperature to preserve its nutritional value and to store Pai Tsai at low temperature with plastic bags in order to maintain good quality.

綜合討論

沈再發（鳳山熱帶園藝試驗分所）：

林校長、農委會周技正、教育廳林代科長、各位主持人、專家及老師：在此次研習會中，首先感謝嘉義農專提供各項優良的設備，及佈置美觀的會場。在優雅的校園環境裏，舉辦這次研習會，現在我們先請林校長為我們講幾句話。

林中茂（嘉義農專）：

設施園藝研習會在此舉行，使本校有幸為各位服務，實感榮幸，因目前剛在辦理遷校事宜，一切尚在美化之中，若有未盡理想之處，還請各位包涵，在我們硬體建設完成後，進而增加軟體設備以擴充所需。本校在師資方面，也有很大的進步，目前具有博士學位的有27位、碩士學位的有89位，且陣容年年在加強。在設備方面，於兩年前曾在教育部的77位學者，專家評鑑下，有 2／3 的科榮獲第一等，少數的科為第二等。學生每年參加高普考均有廿幾位錄取，升學管道也有，去年考取台研究所有12位，考取中興研究也有14位，再加上轉學到台大、中興、文化、東海等有農學院科系的同學，去年也有86位，所以同學們要當公務員的管道有了，要升學的管道也有了，要創業的，大家也可看到，每年農業創業十大青年，幾乎均有一位，所以本校認為在農業教育方面，是和各位一樣的在努力之中。大家知道近二十年來，工商業進步的很快，雖然農業也有長足的進步，但是由於所得偏低，產質的比重與工商業比起來似乎少了許多，致使他人誤認為農業處於式微之趨勢，而我個人認爲農業還是進步相當快，與工商業差不了太遠，祇是大家認爲農業的所得偏低，且農業的工作辛勞，使許多青年外流，造成農業勞力的不足。所以有人認為農業勞力的不足，是造成農業發展的障礙，但是我們若是在農業的人口減少下，而提高農業人口的品質，相信農業必定會比以前或現在進步的還快。所以如何來提升農業勞力的品質、如何鼓勵青年留在農村，這是我們所關心的，亦是我們的責任。在座各位都在農校任敎，相信我們的心情是一樣的我們希望這批來農校唸書的學生，敎導他們如何對農業有興趣，對農業有信心，讓他們能〝歸農〞。祇要朝這方面去努力的話，我相信我們的農業是很有希望的。雖然講的內容也許與綜合討論沒有關係，但是希望利用這個機會與大家共同勉勵，一起做好農業教育的工作。非常感謝大家，也歡迎大家到嘉義農專來，謝謝大家。

沈再發（鳳山熱帶園藝試分所）：

很感謝林校長給我們的鼓勵，及告訴我們一些學校的概況，讓我們對嘉義農專有更深一層的認識。由於林校長在百忙之中，來到會場，為了不影響林校長的公務、及感謝林校長的蒞臨，我們鼓掌謝謝林校長。

林海濟（教育廳）：

設施園藝研習會是一個綜合性的研習會，能在嘉義農專舉行，我代表教育廳感謝鳳山熱帶園藝試驗所承辦這項工作，同時也向嘉義農專林校長及參與指導的各位教授表示十二萬分的敬意與謝意，因爲這項工作的舉辦也讓他們花費了許多的精神和時間，爲了提升我們的農職教育的水準而貢

獻了很多的心智。在座的各位老師，都是默默的在學校耕耘，為我們農職教育奠定很好的基礎，由林校長的講話中，可以了解農業在當前還是扮演著一個很重要的角色，雖然今天工業有此高度的發展，完全是以往農業奠定下良好的基礎，但如果反過來想，若是沒有繼續的發展農業，就會如同失了根的浮萍一般，因此未來在農業方面的發展，就完全仰賴於在座擔任農職的各位老師，在職業教育方面，農職所佔比例是排在工商之後，佔第三位。但由於經濟的改變，產業結構的變遷，使得農業類科不論是學校或學生人數均在逐漸的減少，目前未來的農職教育必須配合農業政策，朝向精緻農業的方面努力，故在今年農職新課程改編以後，將能因應產業結構的變遷，為國家農業政策的實踐紮下更好的基礎，因此為配合新課程的研習，我們不斷的舉辦此種類似的研習，也藉此透過專家學者給我們的指導，來提升農業方面的技藝，不斷地帶動農職教育的革新，一方面也希望農業能多與企業界、學術界結合，就如今天即是一個很好的模式，我們特別請鳳山熱帶園藝試驗所及嘉義農專等學術單位，共同為這項活動貢獻心智，即是一個很好的結合。未來亦希望學校能與企業界、學術界多多合作，如台中農校與台中市政府建教合作，培育園藝花木，做爲美化台中市的各項設施，及花蓮農校與中華紙漿場、林業試驗所，共同做紙漿原木的實驗，諸如此類，希望將來在學校能加強落實，使得透過這些活動，推動農職教育的革新，同時亦付予農業的新生命，以這些活動藉由各位老師回校後的溝通，帶動整個農業新觀念，來發揚農業的光榮使命，在此再一次感謝嘉義農專、和鳳山熱帶園藝試驗所給我們的指導和協助，同時也謝謝農委會給我們的指導和支持、謝謝。

周若男（農委會）：

很高興在此能與各位見面，此次對於主辦單位—鳳山熱帶園藝試驗分所舉辦這次研習會所付出的心力，代表本會致上非常的謝意同時也感謝林校長提供我們這麼好的場地，這麼好的服務，使各位老師能夠安心的在此研習。我們都知道農校是培育未來青年農民的搖籃，尤其在此農業結構改變的今天，農業勞力品質低落的情況之下，更希望能提升學校老師在指導四健會作業方面的能力，讓他們更能培養對農業方面的興趣及對農業的信心，因此我們有此構想，將學校老師與學術單位結合，故委託本會農糧處來籌劃這樣的研習會，專門為老師們辦的設施園藝研習會，因為當今的農業經營方式已不像傳統式的初級產業，而是必須運用智慧及高科技的方法來生產，希望藉由這次研習會的四個主題，能夠提升各位老師的指導能力，在四個主題方面的主講人均是一時之選，相信各位老師在研習會裏面，均會獲得不少，希望回學校以後，能夠帶給學生新的獲益，以期培養出更優秀的農民，在此再一次感謝主辦單位對於研習會所付出的心力，同也謝謝各位老師熱心參與研習會，祝各位身體健康，謝謝大家。

沈再發（鳳山熱帶園藝試驗分所）：

由於此次研習的時間短，報告的內容多，且設施園藝包含的範圍廣，為一綜合性之科學，利用幾位主持人都在場的機會，若有任何技術問題或是行政問題或供往後改進的建議，請各位老師藉此機會踴躍發言。

蔡清傳（台南高農）問：

由於以前均與學術界脫節，直到兩年前才有旁聽的機會，而現在則是專為老師們舉辦研習會，特在此感謝，在此有個要求即是一些研究單位初步成果或試驗能在學校設立，由於新課程的實習時間短少，若是有些試驗能在學校舉行實地的指導，學生們將能實際的感受到農業的進步而提高興趣，如此將更直接傳授一些新的科技訊息。是否能從這個方向給予學生們更多的受益？

沈再發（鳳山熱帶園藝試驗分所）答：

這是個很大的問題，我們亦發現學校老師所教的與現今試驗場所所做的有愈來愈大的差距，這是行政體系上現存的缺點，雖然我們試驗單位也有心將最新的觀念，傳給學生們，但是也缺乏一個適當的管道，這個建議我們會記錄下來，自上級單位反應，看看有何解決之道。

吳恆雄（台中高農）問：

設施園藝本身是個整合的科技，而目前無法規格化，若能統合，學校在採購設置上也較方便，而其他組件衆多，對老師的採購運用上又有一大隔閡，例如學農的，要建立設施的話，要變成全材才行，要懂物理、化學，機械，溫室的構造也要懂，甚至材質都要清楚，我們都快變成三頭六臂啦！所以建議是否由相關單位先行統合計劃，在分頭評估後再做整合的資料呈現，使期能有規格又價廉的產品。即解決溶液方面的問題，有研討會中也沒有解決，並提出建議，謝謝！

高德錚（台中區農業改良場）答：

對於蔡老師的問題，做個解說，在試驗場所方面台南有台南區農業改良場，中部有台中區農業改良場，而改良場在定期都會辦理觀摩會，以台中區農改場為例，我們常行文各農校，卻很少看到有高農的老師來參加，所以是否老師們往後能多注意這方面的資訊，因為農改場的推廣課每年至少要辦理 4 至 6 次的各項技術諮詢會，且多在各專業區推廣，各位老師是否能主動的與各農改場接洽，我想將會得到第一手的技術資料。另外在設施資材方面的問題，吳老師說的沒有錯要規格化，但設施園藝在國家級計畫中已進行了二、三年，我們希望這些技術能本土化，各位知道設施園藝的技術本屬溫帶的技術，若冒然引進台灣而全盤接受，將會產生許多的困擾，因此經幾年的研究，各式的資材已漸漸進入本土化，相信不久的將來各位便可看到各式本土化的設施資材會出現。

沈再發（鳳山熱帶園藝試驗分所）說明：

談到科技的整合，在設施園藝中是相當重要的，過去我們與農工科脫節，現在農業工程及農業機械均在設施中佔有重要的地位，還有其他的一些理科人才也加入研究各種問題，因為設施的工作並非祇有學農的人才能做，它需要各類人才的投入，而能將各科技整合，方可將設施園藝發展成功。至於高博士所提本土化問題，因熱帶地區與溫帶地區有很大的差異，例如本省病蟲害的問題相當嚴重，有光線，相對濕度的種種問題，均需要更為廣泛的人才參與才行，所以各位老師若能在各方面就單一問題上做些研究，均會對設施園藝有很大的貢獻，使此綜合的科技發展的更快、更落實。

林秋雄（員林農工）問：

是否能將農改場或研究單位有關設施園藝的計畫移到農校來做，由農校配合，將試驗場設在

校區內，一方面可由試驗單位指導老師從事研究，另一方面也可使學生親自參與。

高德錚（台中區農業改良場）答：

我們曾經嚐試過，將試驗在台中某學校進行，但是卻產生很不良的影響，因為我們希望他做A的事情，他卻把錢花在做B的事情，做出來的結果就違反了當初我們希望他研習的事情，這樣對整個國家級的設施園藝計畫就發生了很不良的影響。若是員林農工有興趣的話，在下年度有新的試驗時，可考慮將試驗點放在你們學校，希望你們能進一步與農改場連繫。

張鋼鎚（宜蘭農工專）問：

這幾天精采的演講是否有專刊提供，若是沒有可否提供一些抽印本以做參考。其次是否有關於高溫期液溫升高對於溶氧量降低有何對策的相關資料可提供。

沈再發（鳳山熱帶試驗分所）答：

此次研習會有專刊提供，也會寄給各位老師，由於專家們還要寫稿，若時間充裕，則本次研習會的綜合討論也會編入。對於高溫供氧的方式，高博士有提到，另外由栽培法方面著手也可行，若是各位老師有興趣腦力激盪一下，也許還能申請專利。在資料方面若老師們有需要，可請高博士提供。

林坤祥（埔里花農）：

以一個專業農民的身分，在生產的行列上，所遇到的一些問題及意見想請各位長官、學者專家幫助。依台灣現有的農業投資環境來看，並不是很理想，因為耕地面積狹小、市場也不大、人工又昂貴，再加上沒有專業化的園藝設施工廠，因此農業給人一種夕陽產業的感覺於是產生，但是在目前地方上，專業農民生產真正的困難有二點：一是農業新資訊來源取得不易，二是專業化農業青年人員投入生產行列的不足。所以個人在這方面有幾點建議：一、各研究機構及改良場所能在生產技術、經營分析和市場資訊上做個收集、整理、分析的資料以便於專業農民的取得和參考，並透過適當的宣傳管道，使需要的農民便於取得。二、往後若有類似的研習會，請主辦單位不要遺忘了我們這些專業農民，好讓專業農民也有個充電的機會。三、在學校方面希望老師們除了宣導當前農業面臨的困境外，應鼓勵學生從事農業生產，農業並不是沒有前途，事實上在發展精緻農業的今天，也有些專業農民經營的不錯，他們所依持的是不斷的吸收新知，與傳統經驗配合，再加上確切的市場經營分析，這些觀念均需要學生們本身去體驗。要達到此理想，可由幾個方向著手，例如建教合作的方式或學生暑期實習，均可讓學生清楚地了解一個實際經營者是如何賺取利潤，並且，如何的經營管理。雖然建教合作本意很好但在執行上卻有些缺失，就我所知有許多學生去實習的場所並非他的志趣，實習後卻徒增雙方的困擾。所以建議學校老師在推薦學生時，也能多考量一下學生們的志趣方向，免得傷害建教合作的美意，還抹殺了學生對農業的興趣。這是我希望學校老師盡可能注意的問題。

沈再發（鳳山熱帶試驗分所）答：

林先生的心聲想入也是許多專業農民的心聲。我們也常聽農民抱怨不知道要種什麼才會賺錢，關於資訊方面的問題，台灣省農林廳的農經科有做市場的調查報導，農業試驗所大都著重於農業試驗方面，對於計劃產銷方面正著手進行，但因變數太多，供需大都不易控制。往後的研習會我們將盡可能的通知各位熱心參與的農民和學者專家共同研討，而建教合作方面，就請林校長說明。

林中茂（嘉義農專）說明：

本校從事建教合作也有十幾年了，早期多為畜牧方面從事養豬工作，園藝方面是與農友種苗公司建教合作，目前多為農忙需要人才時為主，如套袋、採種、授粉等工作，使同學們能將學校所學的理論與實際工作相配合，讓技術更熟練，並以工讀生的方式獲得合理的酬勞，這些均由學校統一管理，若是學生技術好，私下利用寒暑期再去，則薪資就更高了，這就是學校實施建教合作的概況。

王銀波（中興大學土壤系）說明：

針對剛才的幾個問題做個說明，一是農業技術性資訊的獲得管道。這個問題不論是學校老師或實際從事設施園藝的朋友都有此需求，提供兩個管道給各位參考，在學校方面有農業推廣委員會在改良場裏有農業推廣課均可獲得資訊，試驗所雖沒有此諮詢單位，但可找所長詢問代為解決。第二點問題是，據我所知農校有些多老師均想得到一些試驗的結果，但在許多的會議裏，由於系統的不同很難得到參與的機會，我想應拜託教育廳在編列預算時考慮這些問題。在農業教育系統內，本來就應有再教育及技術推廣的單位，因此建議教育行政單位應多加重視此一問題。我們的師範教育包辦了一切教育是個很大的錯誤，這點也反應過許多次了因為一些技術性的教育，並非師範教育所能包辦的，所以希望我們的教育行政機構能夠考慮一下。第三談到水耕栽培如何增加其水中溶氧量的問題，這大概可分成三個方式，一、降低水溫使水中溶氧量增加，但其成本太高。二、利用水氣耕的方式使根群一半在水中，一半在空氣中，而在空氣中的鬚根即可獲得充足的氧氣，相對的水中氧量少就沒多大的關係了，第三個方式即是想辦法使水耕液裏進入大量氧氣，這有好幾個方式，其一是使水耕液流動，動的水不臭，因水中有氧氣，其二是在加水時使水出口縮小，形成水壓而使空氣打入水中，其三是循環，當水位到達一定高度時多餘的水即被抽出而在排水口中空氣一併吸入水中而增加溶氧量，各種各樣的方式均有，這些均是加氧氣的方法。對於各位尚有何問題希望能盡量的反應，我們若能做到的會盡力幫你們做，也會幫你們轉達，但應在合理的範圍內於各種農業會議上將各基層單位的心聲轉達給負責農業政策或教育政策的人。

沈再發（鳳山熱帶園藝試驗分所）說明：

趁著教育廳林代科長在此想順便建議一下，諸如此類的研習會，希望教育廳能多辦幾次，不只園藝想必其他的科系也有此需要，所以希望在教育廳的立場，能編列部份經費為各位老師多安排參加研習會的機會，時間不需訂的很長，有兩三天的時間即可使老師們的收獲很大了。

謝元欽（花蓮農校）問：

兩天的研習會中各位主講人的內容均非常精采，但一些重點卻都點到為止，或是直接跳至結

論，很希望能看到一些比較完整的專刊。尤其個人對沈所長的溫室洋香瓜的養分吸收試驗內容很感興趣，不知結果是否有研究報告發表或是有完整的資料可提供參考。第二個意見是目前的水耕已有經濟栽培，目前商品化之培養液何處可購得。另外是吸收進來而造成人體的危害，既然水耕蔬菜強調的是清潔栽培，推擴後若長期食用對營養分的攝取是否會有所偏廢？

沈再發（鳳山熱帶園藝試驗分所）答：

有關資料會議後會提供給您，培養液購買的問題在許多水耕的研習會中，農民也屢次提及，但在告知於何處可買到時，卻又易落於"圖利他人"的口實，所以目前都是告知各化學原料行均有售，祇是在品質及價格上有所出入。而食用養液栽培的蔬菜到底對人體健康有沒有害處，我想植物在吸收時均有轉化的作用，一般說來都沒有什麼問題。

王銀波（中興大學土壤系）補充：

談到肥料，台灣有配好的肥料原液，但都很貴如台肥公司即有，還有一些從日本進口但價格都不便宜，所以我一向主張自已買來配才划算。若是不求最好的養液，各位水中之養液栽培技術講習會專刊第一輯中有許多配方來調配均可使用，若要求最好的須得稍做修訂才行。在配方中有許多化學藥品，這些化學藥品在購買時最好採用肥料級或食品級的原料，因其事先已考量過安全性的問題。若是用化工級的原料，那就不能保證了，因為化學工業級的原料對有害元素並沒訂定管制的標準，所以無法確定其是否有害，也許萬一若含有害元素便會產生一些頭痛的問題，因此建議各位儘量不要買化工級的原料。另外提到食用水耕蔬菜對營養有沒有影響，事實上我們吃的養分很多都是植物自已製造合成的，而不是直接由養液中吸收的我們目前擔心的是是否在土壤中一些植物所吸收的元素是人體所需要的，而因水耕栽培時缺少了這是目前尚在研究的方向，事實上可請各位放心，水耕液的水源多為自來水或地下水不是以"純水"配制，所以其中均含有土壤中溶解的物質，這是不會缺乏的，再加上我們不只吃蔬菜，還吃其他的食物，所以各位放心在營養上是不會出問題的。

林中茂（嘉義農專）說明：

方才提到農職教育的師資培養上發生了問題。個人亦曾在去年的教育會議上提出了一些方案，希望在農校的師資培育方面，能由農學院校開闢教育學分的課程，讓有志參與教育工作的學生在校內直接選修學分。有關這個問題，在最近教育改進小組委員會開會時一再強調目前教育部答應可跨校選修教育課程，所謂跨校即台大學生可到師大選修教育課程。但是中興大學的學生要到那裏去選修呢？因此我們建議中興大學有關教育課程方面的教授，也可開設教育學分方面的課程，除此以外台中師範學院目前的師資也不錯，也可間接聘請他們到中興大學來開課，這個建議教育部非常重視，可能不久之後即可實施。第二點是王教授提及在各農業大專院校均有農業推廣委員會，其與各改良場均有密切的連繫，參與各種研究及推廣工作的合作計劃，以加強建教合作的研究和推廣，我們希望農業推廣的工作也有農校的老師來參與而農校內亦可設立推廣委員會，由推廣教師來執行，如此即可與改良場、試驗所等單位有密切的連繫，進而參與研究推廣的工作，王教授剛才提到的兩個問題在此做個補充。對於此次本校提供場所舉辦研習會，若有招待不週或是各種服務工作有未盡理想之處，還請各位不吝指教，以提供下一次舉辦活動時之參考改進。

何偉真（種苗改良繁殖場）說明：

剛才所有的主講人都已經言簡意賅的談到許多重要的問題，現在就我所知的幾點淺見提供各位參考。剛談到農業有人認為夕陽產業主要是因為農業的產值很低，農村勞力也不足，但是還是有人認為農業是項很有前途的事業。我想最主要的是農業要發展到有前途，必須單位面積的產值要提高，即要提升產品的價值，也就是說唯有做專業化的生產，才容易達到這樣的目的，因為專業化的生產，所需要的技術比較專精。在此知識爆炸的時代，我們要吸取各種不同的知識，已漸感吃力，但若是我們只注重幾點問題加以專注的研究才能專精，即所謂的技術本位，在技術佳的情況下，作物很單純且專業化時，在設施方面即能針對作物的需要來投資且在自動化方面亦能針對某些作物的需要設計，來降低生產的成本，而提高作物的品質，在資料的吸收方面也較能得心應手，這是第一點的說明，因為現在的農業已不像從前，一個人能參與很多種的生產或是很多階段的生產，因為這樣大家都做不好，也做得很吃力。另外一點大家都提到資訊吸收的重要性。個人提供一些淺見，即是目前有許多的資訊都可透過電腦來查詢，我想可能許多教師們都還尚未利用過電腦查詢。在國科會裏有個農業技術資料中心，都可將所需要的簡單幾個字輸入進去，即可印出一系列的摘要給大家，若要全文亦可塡寫申請單請他們寄給你，如此在非常短的時間和在經濟的原則下，很快即可找到各位所需要的資訊，我想現在農校老師的水準都很高讀外語的能力應該也不成問題，如果能透過這樣的方式，也很容易能吸取到很多的新知。最後一點即是提到給農校教師教育學分的進修現在中小學教師都有暑期進修，我想農校教師的進修除了教育學分以外，應該也爭取一些專業科目開課的訓練，即是利用暑假到各農學院校去選修一些有興趣的課程，且給予學分學完後在薪等方面也給予某種程度的鼓勵，如調薪等，若農校教師能爭取的話，也未嚐不是一件好事。學生方面在暑假若能鼓勵學生到各個農業機關，或是到專業農民的農場園實習，或是利用暑假其間，老師也有空時指導學生做一些專題研究，我想若是如此配合的話，對學生素質的提高和對農業興趣的培養，或多或少有些幫助。

周若男（農委會）補充：

我發現如此的一個農業行政，農業研究和農業教學結合名開這樣的研習會是個很好的模式，因為我們發現農業教育機構和農業行政單位固然屬於不同的體制，在我國的型態之下是屬於不同的兩個部會在主管，但是可加強我們的連繫與溝通，而像今天這樣的會議，就是個加強溝通很好的方式。提到在全國農業會議建議將農校教師納入推廣教師的範疇之內，據了解目前農委會正在草擬推廣法草案，我們就將農校教師納入推廣的體制之中，其他在技術方面及資訊方面也同時需考慮，因此這個法案的建立對將來的農業行政單位、農業研究單位及農業教育單位三者結合是一個很好的法案，希望這個法案通過以後更能確立各位老師在研究方面或推廣方面的角色定位，期望此法案能早日立法成功。

沈再發（鳳山熱帶園藝試驗分所）結論：

受限於時間關係，各位老師若還有其他問題，請寫下來交給主辦單位，在技術方面的問題將轉答各位專家，若是有建議也會列入記錄，彙整後會刊印出來在會議結束前，再次感謝行政院農委會的經費支持，對百忙中抽空來參加的教授們在此也一併感謝，更謝謝嘉義農專的師生幾天來不辭辛勞的為大家服務，及各位熱心參與的教師們，謝謝大家，今天的會議到此結束，再會！

設施園藝研習會工作人員名冊

林中茂	校長	嘉義農專
呂明雄	教務主任	嘉義農專
蔡金元	園藝科主任	嘉義農專
黃達雄	教授	嘉義農專
沈再木	副教授	嘉義農專
李堂察	副教授	嘉義農專
黃光亮	講師	嘉義農專
林芳存	講師	嘉義農專
沈榮壽	助教	嘉義農專
紀海珊	助教	嘉義農專
杜伯勳	助教	嘉義農專
沈再發	分所長	農試所鳳山熱帶園藝試驗分所
蔣文珍	總務課長	農試所鳳山熱帶園藝試驗分所
胡見火	主計主任	農試所鳳山熱帶園藝試驗分所
許淼淼	助理	農試所鳳山熱帶園藝試驗分所
徐森彥	助理	農試所鳳山熱帶園藝試驗分所
何永欽	計畫助理	農試所鳳山熱帶園藝試驗分所